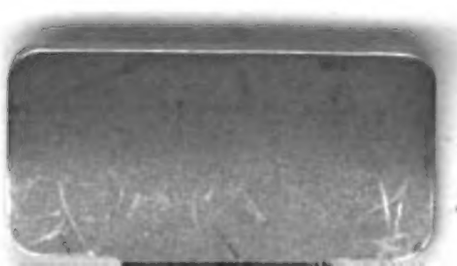
Anat. 296 ul

Moleschott



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Anat. 296 m

UNTERSUCHUNGEN

ZUR

NATURLEHRE

DES

MENSCHEN UND DER THIERE

HERAUSGEGEBEN

VON

JAC. MOLESCHOTT.

IX. BAND.

ERSTES HEFT.

Mit Abbildungen.

GIESSEN, 1863.

FERBER'SCHE UNIVERSITAETS-BUCHHANDLUNG.

(EMIL ROTH.)

Digitized by Google

INHALT

des ersten Heftes.

		Seite
I.	Ueber das Vorkommen gabelförmiger Theilungen an glatten Muskelfasern. Von Jac. Moleschott und Dr. G. Piso-Borme. (Mit 1 Tafel)	1
II.	Ueber die sogenannte Molecularbewegung in thierischen Zellen, insonderheit in den Speichelkörperchen. Von Prof. Ernst Brücke	7
III.	Versuche und Beobachtungen am Blute. Von Dr. Alexander Rollett. (Mit 1 Tafel.) Nebst krystallographischen und optischen Mittheilungen über die Blutkrystalle. Von Dr. V. v. Lang .	22
IV.	Ueber den Einfluss des Vagus auf die Häufigkeit der Athemzüge. Von Jac. Moleschott	59
V.	Ueber die reflectorische Erregung des Herzens, die vom Vagus ausgeht. Von Jac. Moleschott und Cajus Peyrani . .	72
VI.	Ueber die Porenkanäle in der Membran der Zellen des *rete Malpighii* beim Menschen. Von Dr. Otto Schrön in Turin. (Mit 1 Tafel)	95
VII.	In Sachen des Eierstocks. Entgegnung von Dr. Schrön in Turin an Herrn Professor Pflüger in Bonn	102

UNTERSUCHUNGEN

ZUR

NATURLEHRE

DES

MENSCHEN UND DER THIERE

HERAUSGEGEBEN

VON

JAC. MOLESCHOTT.

IX. BAND.

Mit Abbildungen.

GIESSEN, 1865.

VERLAG VON EMIL ROTH.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Druck der Brühl'schen Univ.-Buch- und Steindruckerei (Fr. Chr. Pietsch)
in Giessen.

Digitized by Google

INHALT

des neunten Bandes.

		Seite
I.	Ueber das Vorkommen gabelförmiger Theilungen an glatten Muskelfasern. Von Jac. Moleschott und Dr. G. Piso-Borme. (Mit 1 Tafel)	1
II.	Ueber die sogenannte Molecularbewegung in thierischen Zellen, insonderheit in den Speichelkörperchen. Von Prof. Ernst Brücke	7
III.	Versuche und Beobachtungen am Blute. Von Dr. Alexander Rollett. (Mit 1 Tafel.) Nebst krystallographischen und optischen Mittheilungen über die Blutkrystalle. Von Dr. V. v. Lang	22
IV.	Ueber den Einfluss des Vagus auf die Häufigkeit der Athemzüge. Von Jac. Moleschott	59
V.	Ueber die reflectorische Erregung des Herzens, die vom Vagus ausgeht. Von Jac. Moleschott und Cajus Peyrani	72
VI.	Ueber die Porenkanäle in der Membran der Zellen des *rete Malpighii* beim Menschen. Von Dr. Otto Schrön in Turin. (Mit 1 Tafel)	93
VII.	In Sachen des Eierstocks. Entgegnung von Dr. Schrön in Turin an Herrn Professor Pflüger in Bonn	102
VIII.	Ueber die Entwicklung von *Dichelaspis Darwinii*. Von F. de Filippi. (Mit 2 Tafeln)	113
IX.	Allgemeine Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Thiere. Von F. de Filippi	121
X.	Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Von G. Valentin	129
XI.	Das Verhalten der sogenannten Protoplasmaströme in den Brennharen von *Urtica urens* gegen die Schläge des Magnetelektromotors. Von E. Brücke	152
XII.	Ueber die sogenannten Bindegewebskörperchen des centralen Nervensystems. Von L. Mauthner	156
XIII.	Ueber die Verwerthung der Photographie für Laryngoskopie und Rhinoskopie. Von J. Czermak	167
XIV.	Ueber ungleichsinnige Veränderungen in der Häufigkeit der Athemzüge und der Pulsfrequenz. Von J. Moleschott und A. Moriggia	172
XV.	Chronoskopische Versuche über die Geschwindigkeit der verschiedenen Sinneseindrücke und der Nerven-Leitung. Von A. Hirsch. (Mit 1 Tafel)	183
XVI.	Ueber persönliche Gleichung und Correction bei chronographischen Durchgangs-Beobachtungen. Von A. Hirsch. (Mit 1 Tafel)	200
XVII.	Ueber das Korn im Keimfleck und in dem Kernkörperchen der Ganglienzellen bei Säugethieren. Von O. Schrön. (Mit 1 Tafel)	209

Digitized by Google

XVIII. Ueber die Anwendung des Spektroskops zur Erkennung von Blutflecken. Von W. Leube 217
XIX. Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Von G. Valentin 227
XX. Zur Lehre vom entommatischen Sehen. Von L. Mauthner . 249
XXI. Ueber die Wirkung des Entladungsstromes auf das Blut. Von A. Rollett. (Mit 2 Tafeln) 260
XXII. Zur Theorie des Gehörorgans. Von Ernst Mach . . . 298
XXIII. Ueber die mikroskopischen Elemente, welche den Schirmmuskel der *Medusa aurita* bilden. Von Ernst Brücke . . . 317
XXIV. Ueber die Function des Kehldeckels. Von M. Schiff . . 321
XXV. Neue Untersuchungen einiger bekannter mikroskopischer Testobjecte. Von M. Schiff 336
XXVI. Ueber das *Foramen orbito-temporale* der amerikanischen Affen. Von F. De Filippi 360
XXVII. Ueber die Form der Haarpapille in der Haut der Säugethiere und des Menschen. Vorläufige Mittheilung von O. Schrön . . 363
XXVIII. Ueber zwei noch nicht beschriebene paarige Organe in der Halsgegend von Ammocoetes. Vorläufige Mittheilung von O. Schrön . 365
XXIX. Ueber den Nutzeffect intermittirender Netzhautreizungen. Von E. Brücke. Mit 3 Tafeln 367
XXX. Ueber die Farbstoffe der Galle. Von G. Städeler . . 395
XXXI. Ueber die Hemmungsmechanismen der Reflexthätigkeit. Von Dr. A. Herzen 423
XXXII. Mittheilungen über die selbstständigen Bewegungen embryonaler Zellen. Von Dr. S. Stricker 431
XXXIII. Ueber die räumliche Ausbreitung des Schlages der Zitterfische. Von Emil du Bois-Reymond. Mit 1 Tafel 437
XXXIV. Ueber die successiven Veränderungen, welche elektrische Schläge an den rothen Blutkörperchen hervorbringen. Von Prof. Alexander Rollett. Mit 1 Tafel 474
XXXV. Vorläufige Mittheilungen einiger Versuche mit der Calabarbohne. Von M. Vintschgau 501
XXXVI. Ueber einige der physiologischen Akustik angehörige Erscheinungen. Von Dr. Ernst Mach 507
XXXVII. Ueber die Ursache der vermehrten Pulsfrequenz nach Durchschneidung der Vagi am Halse. Von Moritz Schiff . . . 531
XXXVIII. Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes. Von Mich. Szabadföldi in Pesth 624
XXXIX. Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Von G. Valentin 632
XL. Untersuchungen über die erste Anlage des Gehörorgans der Batrachier. Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität. Von Cand. Med. S. Schenk. (Mit 1 Tafel) 649
XLI. Studien über Blutkreislauf und Ernährung. Von Dr. S. Samuel in Königsberg i/Pr. 654

Digitized by Google

I.

Ueber das Vorkommen gabelförmiger Theilungen an glatten Muskelfasern.

Von

Jac. Moleschott

und

Dr. **G. Piso-Borme,**

supplirendem Docenten der Physiqlogie an der Hochschule zu Cagliari.

Im Jahre 1859 hat der erstgenannte der beiden Verfasser dieses Aufsatzes auf das Vorkommen gabelig getheilter Mulkelfasern in der Muscularis des Menschendarms aufmerksam gemacht. Bd. VI dieser Zeitschrift, S. 388 schrieb Moleschott: „In der Muskelhaut des menschlichen Darms kommen Fasern vor, welche sich dichotomisch spalten.“ Am angeführten Ort sind einige Maassverhältnisse für Stamm und Aeste solcher Fasern mitgetheilt.

Seitdem hat Aeby, dem Moleschott's Mittheilung entgangen war, solche Muskelfasern im Ovarium von Fröschen aufgefunden [1]), und da Moleschott schon seit einiger Zeit solche Fasern in der Prostata und in der schwangeren Gebärmutter des Menschen kannte, so schien es uns der Mühe werth, jenen gabelförmigen Theilungen etwas genauer nachzugehen und zu versuchen, ob sich über ihre Bedeutung etwas Allgemeines ermitteln liesse.

---

[1]) Aeby, Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und Du Bois-Reymond, 1861, S. 637. Als uns bereits die Revision dieses Aufsatzes vorlag, erfuhren wir, dass Schiff schon vor 10 Jahren gabelförmige Theilungen an glatten Muskelfasern aus dem Uterus des Meerschweinchens wahrgenommen hat: vgl. Jenaische Annalen für Physiologie, Bd. II.

Digitized by Google

Wir haben uns behufs der Isolirung der glatten Muskelfasern der von Moleschott empfohlenen Kalilösung (35 %) bedient und uns nie darauf verlassen, dass wir es mit einer getheilten Faser zu thun hatten, wenn sich nicht durch mehrfache Bewegung derselben vollkommen sicher herausstellte, dass nicht etwa zwei Fasern zufällig zusammenklebten. Es ist ein wesentlicher Vorzug der vorhin erwähnten Kalilösung, dass die damit behandelten Fasern, wenn sie nur an einander liegen, durch einen Druck auf das Deckgläschen sich leicht von einander trennen. Wir haben mehrfach auch Organe mit der Kalilösung behandelt, welche schon eine Zeit lang in Moleschott's schwacher oder starker Essigsäuremischung oder in verdünntem Weingeist gelegen hatten, und können namentlich Weingeistpräparate zu solchen Studien sehr empfehlen, weil die Kerne der aus denselben gesonderten Muskelfasern der Einwirkung des Kalis besser widerstehen.

Die Organe, in welchen wir nach glatten Muskelfasern mit gabelförmiger Theilung gesucht haben, sind die schwangere Gebärmutter, die Prostata, der Magen und die Iris des Menschen, der Dünndarm, der Mastdarm, der Uterus, die Iris und Arterien des Kaninchens, der Mastdarm und die Harnblase der Katze, die schwangere Gebärmutter und der Mastdarm der Maus, der Magen und der Dünndarm des Stahrs, der Dünndarm der Taube und des Huhns und die Lunge des Frosches.

In allen den aufgezählten Organen haben wir glatte Muskelfasern mit gabelförmiger Theilung aufzufinden vermocht, allein die Häufigkeit ihres Vorkommens ist in den einzelnen Theilen sehr verschieden. Am allerhäufigsten finden sie sich in der schwangeren Gebärmutter, in der Prostata, im Mastdarm und in der Harnblase; sehr selten sind sie im Pylorus des Magens, in den Arterien und in der Froschlunge.

Was die Gebärmutter betrifft, so haben wir die des Menschen vom fünften und sechsten Monat der Schwangerschaft untersucht. Hier fanden sich nicht bloss Fasern, welche an dem einen, sondern, wenn auch weniger häufig, auch solche, die an beiden Enden gabelig getheilt waren. Die mittlere Länge der gesammten Muskelfasern (von der Spitze des Stammes bis zur Spitze des längsten Astes ge-

Digitized by Google

messen) betrug nach 13 Messungen 0,21 M. M. (Minimum 0,08, Maximum 0,33). Der Stamm der Fasern mass im Mittel 0,1 M. M. (Minimum 0,02, Maximum 0,17). Der längere Ast mass als Mittel von 17 Messungen 0,068 M. M. (Minimum 0,005, Maximum 0,1). Der kürzere Ast: Mittel von 17 Messungen 0,037 M. M. (Minimum 0,003, Maximum 0,08).

Die Muskelfasern der Prostata sind kürzer als die der schwangeren Gebärmutter: als Mittel von 9 Messungen ergab sich für die

Länge der Gesammtfasern 0,11 M. M. (Minimum 0,067, Maximum 0,133);
„ des Stammes 0,08 „ („ 0,037, „ 0,093);
„ „ langen Astes 0,04 „ („ 0,01, „ 0,067);
„ „ kurzen „ 0,02 „ („ 0,003, „ 0,027).

Für die Iris des Kaninchens erhielten wir als Mittel von 20 Messungen für die

Länge der Gesammtfasern 0,053 M. M. (Minimum 0,03, Maximum 0,08);

und als Mittel von je 12 Messungen für die

Länge des Stammes 0,03 M. M. (Minimum 0,02, Maximum 0,06);
„ „ langen Astes 0,02 „ („ 0,01, „ 0,03);
„ „ kurzen „ 0,01 „ („ 0,007, „ 0,017).

An den Muskelfasern einer Mesenterialarterie des Kaninchens wurden nur 2 Messungen angestellt; das Mittel derselben betrug

für die Gesammtfaser 0,053 M. M.
„ den Stamm 0,043 „
„ „ langen Ast 0,013 „
„ „ kurzen „ 0,008 „ .

Nach unseren Messungen gehören also die glatten Muskelfasern der Prostata des Menschen zu denen mittlerer Grösse, die der Iris und der Mesenterialarterien des Kaninchens zu den kleinen.

Die Tafel, welche wir diesem Aufsatze beigeben, ist eine Musterkarte sowohl der gewöhnlichen, wie der ausgezeichneten Formen, die uns begegnet sind. Wie man aus ihr ersieht, kommen die verschiedensten Arten gabelförmiger Theilung vor, von einer einfachen Spaltung in zwei kurze Aestchen, die nicht mehr als $^1/_{333}$ M. M. messen, bis zu einer Theilung, welche so weit vorangeschritten ist, dass selbst der kurze Ast die Länge des ungetheilten Stamms um ein Bedeutendes

Digitized by Google

übertrifft. Fig. 4 a, c. Am häufigsten findet man die Theilung nur an Einem Ende der Muskelfaser, seltener an beiden Enden, wir haben aber mit Vorliebe an beiden Enden dichotomisch gespaltene Fasern in unsre Tafel aufgenommen, weil sie eben zu den ausgezeichneten Formen gehören. Sehr selten trifft man getheilte Fasern, an welchen der eine der Aeste wiederum eine dichotomische Spaltung wahrnehmen lässt, wie wir in Fig. 1 f eine solche Form aus der schwangeren Gebärmutter des Weibes abgebildet haben. Ebenso selten sind Beispiele der Theilung eines Faserendes in drei Aeste, wenn man es nicht vorzieht hier eine Theilung in zwei Aeste und eine Wiederholung der Spaltung an einem derselben anzunehmen. Fig. 1 c.

Gewöhnlich sind die Aeste an ihrem Ende mehr oder weniger zugespitzt, bisweilen sogar in eine lange Spitze ausgezogen, Fig. 1 b; in anderen Fällen sind die Enden der Aeste stumpf, wovon sich Beispiele vorzugsweise in der Froschlunge fanden, Fig. 7 a, b, und ein solches Ende kann abgestutzt und gezähnt sein, wie man es an dem einen Aste einer Faser aus dem Mastdarm der Maus in Fig. 3 c abgebildet sieht.

In dem Mastdarm des Kaninchens fanden wir — immer nach der Isolation mit Hülfe der 35procentigen Kalilösung — das Wellenförmige an den Rändern der Faser sehr stark ausgesprochen, Fig. 5. Wenn auch weniger deutlich, wurde derselbe Charakter an den glatten Muskelfasern aus dem Mastdarm der Maus, Fig. 3, und des Hundes beobachtet. Da diese wellenförmigen Contouren mit so kurzen Wellenbergen an anderen glatten Muskelfasern, die doch mit den gleichen Reagentien behandelt wurden, nicht vorkamen, sind wir geneigt hierin eine Eigenthümlichkeit der Muskulatur des Mastdarms zu sehen.

Wo die Theilung sich auf beide Enden der Faser bezieht, ist sie nicht allzu selten von beiden Enden so weit vorgeschritten, dass nur ein mehr oder weniger kurzer Bauch zwischen den Aesten übrig bleibt. Fig. 1 d, 4 d, 5 a. In anderen Fällen, wo nur Eines der Enden gabelförmig getheilt ist, kommt es vor, dass einer der Aeste, bald der lange, bald der kurze, da wo er mit dem Stamm zusammenhängt, deutlich verschmälert ist, Fig. 1 f, wie wenn dieser Ast dazu bestimmt wäre, sich von dem Stamm abzulösen.

Digitized by Google

Da sich die gabelförmigen Theilungen ganz vorzugsweise in der schwangeren Gebärmutter auffinden lassen, also in einem Organ, in welchem jedenfalls ein starkes Entwicklungsleben Platz greift, wird Niemand die Vorstellung ablehnen, dass es sich bei diesen Theilungen um eine Vermehrung der Muskelfasern handeln dürfte. Diese Vermehrung würde das eine Mal in einer von beiden Enden aus gegen die Mitte fortschreitenden Spaltung, das andere Mal in einer Ast- oder Knospenbildung bestehen.

Von dieser Vorstellung geleitet widmeten wir den Kernen der gespaltenen Muskelfasern eine besondere Aufmerksamkeit, in der Hoffnung, dass es uns gelingen würde, eine der angenommenen Faservermehrung entsprechende Theilung der Kerne zu beobachten. Allein wir müssen betonen, dass, wie dies auch Aeby gesehen hat, in der grossen Mehrzahl der Fälle jede Faser nur Einen Kern besitzt. Wir können dies nicht für eine Wirkung des Reagens halten, obgleich die Kalilösung, wie es auch mehre Beispiele unserer Tafel beweisen (Fig. 1 c, d, e, f), die Form der Kerne verändert, sie schwellen macht und abrundet, und schliesslich dieselben auflöst. Wenn man nur die Maceration des Gewebes in der Kalilösung nicht zu lange fortsetzt, ist zumal an Präparaten, die vorher in Weingeist oder in den Essigsäuremischungen gelegen haben, der Kern, wenn gleich mehr oder weniger verändert, mit Sicherheit zu sehen.

Wo nur Ein Kern vorhanden ist, findet man ihn am häufigsten in dem Stamm der Faser und bisweilen in diesem von dem meist sehr spitzen Theilungswinkel weit entfernt, wie in Fig. 4 c. In anderen Fällen nähert sich der Kern dem Theilungswinkel, über dessen Scheitel er dann hinausragen kann (Fig. 4 a), oder endlich der Kern gehört geradezu einem der Aeste an (Fig. 4 b).

Das Vorkommen zweier Kerne bildet, wie erwähnt, die Ausnahme. In Fig. 2 a aus der Gebärmutter der Maus haben wir ein Beispiel einer Einschnürung am Kerne, der sich vielleicht zur Theilung vorbereitet. Fig. 1 a zeigt eine Faser mit zwei Kernen, die in Einer Linie unmittelbar an einander stossen, und von denen der eine ganz im Stamme, der andere dagegen zur Hälfte in einem der Aeste gelegen ist. Aus der Gebärmutter des Menschen haben wir endlich

Digitized by Google

Fig. 1 f eine Faser abgebildet, die zwei Kerne enthält, den einen im Stamme, den anderen in einem Aste, dessen Ende selbst wieder eine beginnende Spaltung der freien Spitze aufweist. Wir hätten aus unseren Skizzen noch das eine oder andere Beispiel — gleichfalls der schwangeren Gebärmutter entnommen — in unsere Tafel aufnehmen können; wir ziehen es aber vor, auch mit der Tafel darzuthun, dass das Vorkommen zweier Kerne in Einer Faser in der That sehr selten ist.

Gestützt auf so wenige Beobachtungen einer Kerntheilung, wie sie uns bei fleissigem Suchen zu Theil geworden sind, wagen wir es nicht, einen nothwendigen Zusammenhang zwischen der Vermehrung der Fasern und der Theilung der Kerne anzunehmen. Auf der anderen Seite haben wir keine jungen Muskelfasern ohne Kerne angetroffen. Wenn also die Spaltung der Fasern sich wirklich auf eine Vermehrung beziehen lässt, dann muss uns entweder häufig das Stadium der Kerntheilung in der Mutterfaser oder das der Kernbildung in der jungen Faser gänzlich entgangen sein.

Erklärung der Figuren.

Anmerkung. Für die richtige Würdigung der Gestalt der Kerne in den hier abgebildeten Muskelfasern, bitten wir nicht zu vergessen, dass die Präparate mit Hülfe der 35procentigen Kalilösung gewonnen wurden.

Mit Ausnahme der Fig. 4 b, welche Gascard gezeichnet hat, sind alle Abbildungen von Dr. Piso-Borme gefertigt.

Fig. 1. Glatte Muskelfasern aus der schwangeren Gebärmutter des Weibes.
Fig. 2. Glatte Muskelfasern aus der schwangeren Gebärmutter der Maus.
Fig. 3. Glatte Muskelfasern aus dem Mastdarm der Maus.
Fig. 4. Glatte Muskelfasern aus der Prostata des Menschen.
Fig. 5. Glatte Muskelfasern aus dem Mastdarm des Kaninchens.
Fig. 6. Glatte Muskelfasern aus der Iris: a, b, c, d des Kaninchens, e des Menschen.
Fig. 7. Glatte Muskelfasern aus der Froschlunge.

Turin, 1. August 1862.

Digitized by Google

II.

Ueber die sogenannte Molecularbewegung in thierischen Zellen, insonderheit in den Speichelkörperchen.

Von

Prof. **Ernst Brücke** [1]).

Während man seit geraumer Zeit viel Mühe darauf verwendet hat, die Gesetze und Ursachen der Bewegungen zu erforschen, welche im Innern von Pflanzenzellen stattfinden, sind diejenigen, welche in thierischen Zellen beobachtet worden, in auffallender Weise vernachlässigt.

Da man hier kleine Körper sich in ähnlicher Weise bewegen sah, wie sie es auch in freier Flüssigkeit thun, so glaubte man, in der Idee befangen, dass die Zelle ein mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen sei, sich zur Annahme berechtigt, dass die Bewegung der Körnchen in den Zellen keine andere Ursache habe, als die Bewegung ähnlich kleiner Körnchen ausserhalb der Zellen in der freien Flüssigkeit, und man meinte mithin sicher zu sein, dass man nichts als eine alltägliche physikalische Erscheinung vor sich habe. Schon in einer früheren Arbeit [2]) legte ich meine Zweifel an der Richtigkeit dieser Anschauungsweise nieder und will nun, nachdem ich den Gegenstand etwas weiter verfolgt habe, kurz erzählen, was ich gesehen.

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften, Maiheft 1862, vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

[2]) Die Elementarorganismen. Diese Berichte Bd. 44, Abth. 2, S. 381, October 1861.

Digitized by Google

Ich habe die sogenannte Molecularbewegung bis jetzt beobachtet in den Speichelkörperchen, den Eiterkörperchen, den weissen Blutkörperchen, den Pigmentzellen junger Froschembryonen und den Knorpelzellen der Sklerotika von Fröschen.

In den Speichelkörperchen beobachtet man die Bewegung am besten, wenn man den Speichel ganz unvermischt unter das Mikroskop bringt, jeder Zusatz, auch der von Wasser, ist schädlich. Ebenso habe ich die weissen Blutkörperchen in dem mittelst eines Nadelstiches frisch aus dem menschlichen Körper entnommenen Blute untersucht, ohne dasselbe mit einer anderen Flüssigkeit zu vermengen; doch ertragen sie auch für einige Zeit, dass man das Blut beträchtlich mit Wasser verdünne. Beim Eiter empfiehlt es sich je nach seiner Consistenz und je nach dem Quellungs- oder Verschrumpfungsgrade der Eiterkörperchen ihn unvermischt zu untersuchen oder ihm Wasser zuzusetzen.

Um die Bewegung in den Knorpelzellen der Froschsklerotika zu untersuchen, wird einfach ein kleines ganz frisches Stückchen derselben mit einem Deckglase bedeckt und bei starker Vergrösserung untersucht. Man rechne aber nicht darauf, das lebhafte Gewimmel, wie in den vorhergenannten Zellen zu sehen: es sind nur einzelne Körnchen, die sich darin herumbewegen.

Um die Pigmentzellen der Froschembryonen zu untersuchen, zwicke ich das eben hervorwachsende Schwänzchen ab und bedecke es mit einem Deckglase, mittelst dessen ich je nach Bedürfniss einen leichten Druck auf dasselbe ausübe. Hier sieht man dann die Bewegung nicht nur in den ganzen wohlerhaltenen Zellen, sondern mit derselben Lebhaftigkeit auch in tropfartigen Massen, welche sich von denselben ablösen. Es ist mir immer auffallend gewesen, dass die Bewegung der Körnchen innerhalb der Zellen und innerhalb dieser Tropfen eine grössere Energie zu haben schien als die Molecularbewegung der frei in der Flüssigkeit umherschwimmenden Pigmentkörner.

Die Annahme, dass die Bewegungen in allen diesen Zellen von gleichen Ursachen herrühren und gleichen Gesetzen unterworfen seien, ist bis jetzt durch nichts gerechtfertigt, und wir müssen uns deshalb

Digitized by Google

zunächst mit einem einzelnen Objecte beschäftigen. Ich wähle hierzu die Speichelkörperchen, weil die Leichtigkeit in jedem Augenblicke das Material zu beschaffen und die Leichtigkeit der Beobachtung sich hier zusammenfinden.

1. In jedem noch so frischen Speichel sieht man ausser den lebenden Speichelkörperchen eine Menge von abgestorbenen. Die letzteren unterscheiden sich von den ersteren durch den Mangel an Molecularbewegung, zum Theil auch durch ihre unregelmässige Gestalt. Dass sie wirklich abgestorbene Speichelkörpercher und nichts anderes waren, erkannte ich erstens daran, dass ihre Anzahl bei länger dauernder Beobachtung zunahm, während die der lebenden Speichelkörperchen abnahm, und zweitens habe ich den Act des Absterbens unter meinen Augen vor sich gehen sehen. Ich habe in zahlreichen Fällen gesehen, wie einzelne Speichelkörperchen, welche ich unausgesetzt beobachtete, ihre Molecularbewegung und zum grossen Theile auch ihre Kugelform verloren. Die Art, wie dies geschah, war verschieden; davon wird später die Rede sein. Die abgestorbenen Speichelkörperchen sind, wie gesagt, zum Theil noch kugelförmig, aber auch dann unterscheiden sie sich bei näherer Betrachtung in der Regel nicht allein durch die Abwesenheit der Molecularbewegung von den lebenden. Die Körnermasse ist nicht so gleichmässig in dem ganzen Körperchen vertheilt, sondern meist um den Kern angehäuft, mit einzelnen gegen die Aussenfläche gerichteten strangartigen Fortsätzen, seltener hat sie sich an einer Seite des Kernes oder unter der Oberfläche des Körperchens gesammelt.

Die nicht mehr sphärischen, sondern unregelmässig gestalteten Körperchen haben ein sehr verschiedenes Aussehen, aber sie gleichen alle einander darin, dass um oder an einem oder meistens mehreren Kernen ein Körnerhaufe hängt, unregelmässig und gewöhnlich ohne selbstständigen Contour. Von den besonderen Formen, welche entstehen können, wenn das Körperchen unter dem Einflusse gewisser Reagentien abstirbt, werde ich später handeln.

2. Ich habe bei anhaltender Beobachtung oftmals Speichelkörperchen zerplatzen sehen. Ich erlaube mir den Ausdruck, obgleich ich den Riss selbst, d. h. die Ränder der entstehenden Wunde, niemals

Digitized by

gesehen habe. Ich kann die Erscheinung, das plötzliche Ausstossen von Körnermasse unter gleichzeitigem Zusammensinken des Körperchens, auf keinen andern Vorgang zurückführen und mit keinem andern Namen benennen.

In manchem (wahrscheinlich verdünnteren) Speichel geschah dieses Zerplatzen ohne sichtbare äussere Veranlassung, während ich in anderem (wahrscheinlich concentrirteren) Speichel die Körperchen selbst durch Druck zwar plattdrücken und zerquetschen, aber nicht jene eigenthümliche Erscheinung des Platzens hervorrufen konnte. Was mir aber durch Druck nicht gelang, das gelang mir häufig durch vorsichtigen und allmäligen Zusatz von Wasser. Dies Platzen erfolgte nun auf zweierlei Art. Die erste bestand darin, dass das Körperchen erst, wie ich wenigstens in einigen Fällen deutlich zu sehen glaubte, etwas anschwoll und dann an einer Stelle der Oberfläche eine Explosion entstand, vermöge welcher ein Theil der Körnermasse herausschoss, das Körperchen fiel dabei zusammen, seine Gestalt war unregelmässig, sein Contour rauh geworden und seine Molecularbewegung mit einem Schlage vernichtet. Dagegen tummelten sich die herausgestossenen Körner anfangs munter umher, aber nicht sämmtlich getrennt von einander, sondern theilweise zu kleinen Gruppen vereinigt. Manchmal näherten sich auch Körner wieder, die sich zuerst von einander entfernt hatten und nach einiger Zeit trat Ruhe ein, in der man den grössten Theil der Körnchen in zusammenhängenden Gruppen gelagert fand.

Bisweilen war auch ein Theil der Körnchen nicht vollständig losgestossen worden, sondern hing als eine zusammenhängende Masse an der Stelle, an der der Riss erfolgt war, aus dem Körperchen heraus.

Die zweite Art des Zerplatzens war folgende: Es bildete sich im Innern der Körnermasse ein heller Fleck, der sich gleichzeitig mit dem ganzen Körperchen vergrösserte. Die Molecularbewegung dauerte dabei fort, aber sie war auf die äussere Schicht des Körperchens beschränkt, da sich nur hier Körnchen befanden, in der Mitte eine klare Flüssigkeit. Nun erfolgte ein plötzlicher Ruck und es zog sich die körnige Schicht, die offenbar an einer Seite zerrissen war, über die innere helle Masse zurück und um den Kern zusammen.

Digitized by Google

Die innere helle Masse floss dabei mit dem umgebenden Medium zusammen, so dass für das Auge nichts übrig blieb, als der Kern mit der nun plötzlich aller Molecularbewegung beraubten Körnermasse.

Die Körperchen mochten auf die eine oder die andere Art zerplatzt sein, nie zeigten sie das Bild eines seines Inhaltes beraubten Bläschens, nie war eine Membran als solche zu erkennen. War der erste Modus des Zerplatzens eingetreten und nur wenig Masse verloren gegangen, so war der Contour bisweilen noch ziemlich rein, nur weniger zirkelrund als bei den lebenden; war aber dabei viel Körnermasse ausgetreten oder war das Körperchen nach dem zweiten Modus zerplatzt, so war der Contour unregelmässig und rauh, die Körnchen waren nicht mehr, wie im lebenden Körperchen, von einem gemeinsamen Umrisse frei umschlossen, sondern die Umrisse der einzelnen Körnchen bilden integrirende Theile des Gesammtumrisses. Das Ganze hatte das Ansehen eines Körnerhaufens, in dem der oder die Kerne theils eingeschlossen waren, theils seitlich mit nackten Kuppen herausragten.

3. Sehr interessant ist es die Veränderungen zu beobachten, welche die Körperchen dadurch erleiden, dass sich allmälig Kochsalz in dem Speichel auflöst. Ich setze zu einem Speicheltropfen einige Stückchen, bedecke das Ganze rasch mit einem Deckglase und bringe es unter das Mikroskop; die Einwirkung findet dann in dem Grade Statt als sich die Stückchen auflösen, zuerst in ihrer Nähe, später in grösserer Entfernung von ihnen.

Es zeigt sich nun, dass die verschiedenen Speichelkörperchen der Einwirkung einen sehr verschiedenen Widerstand entgegensetzen, und man kann im Grossen und Ganzen zwei wesentlich verschiedene Arten des Verhaltens unterscheiden. Die einen verkleinern sich sofort, die Körnchen in ihnen werden in Folge des Schrumpfungsprocesses näher an einander gerückt, die Amplituden ihrer Bewegung verringert, und endlich hört die letztere ganz auf. Das Körperchen ist in eine granulirte Masse verwandelt, oder die Körnchen sind wohl gar so stark zusammengedrängt, dass sie als eine zusammenhängende, stark lichtbrechende Masse erscheinen, die die Kerne entweder ganz verdeckt oder noch als hellere Flecken erkennen lässt. Der Contour

Digitized by

ist dabei nicht unverändert geblieben, er ist rauh und unregelmässig, ja oft sieht man das Körperchen mit kolbigen oder stachelförmigen Fortsätzen bedeckt. Es ist begreiflich, dass solche Formen nicht Produkt der Verschrumpfung eines Bläschens sein können, und doch habe ich sie direct und unter continuirlicher Beobachtung aus kugelrunden, nach der gangbaren Anschauung der Dinge bläschenförmigen, Speichelkörperchen mit vollkommen glattem Contour und lebhafter Molecularbewegung entstehen sehen. Ich muss noch hinzufügen, dass bisweilen in einem und demselben Körperchen die Molecularbewegung an einer Seite noch in wenig verminderter Stärke fortbesteht, während an der andern Seite die Körnchen schon zusammengedrängt ruhen und der Contour durch den Schrumpfungsprocess angegriffen ist, ja sich sogar schon kleine kolbige Auswüchse an demselben zeigen.

Ein anderer grosser Theil von Speichelkörperchen zeigt ein ganz anderes Verhalten. Sie setzen der Einwirkung des Salzes einen sehr andauernden Widerstand entgegen, und wenn endlich die Molecularbewegung zur Ruhe kommt, so behalten sie nichtsdestoweniger ihre kugelrunde Gestalt und ihren reinen Contour. Nur die Vertheilung der Körnchen ist geändert. Während dieselben früher das Ganze gleichmässig mit ihren Bewegungen erfüllten, sind sie jetzt auf einzelne Regionen zusammengedrängt. Bald umgiebt die Körnermasse den Kern und schickt dabei radiale Fortsätze zur Peripherie, bald liegt sie auf einer Seite des Kerns, bald bildet sie eine Schicht unmittelbar unter der Oberfläche.

Dass diese Art von Speichelkörperchen ihre kugelförmige Gestalt behält, unter Umständen, unter denen die vorherbesprochenen in so auffälliger Weise verschrumpfen, dafür kann es verschiedene Ursachen geben: Entweder die nicht diffundirbaren Theile im Körperchen üben eine solche Anziehung auf das Wasser aus, dass das Salz ihnen solches nicht zu entziehen vermag, oder der festere Bau des Ganzen widersteht mit Erfolg der Einwirkung. Der erstere Grund scheint mir, gesetzt auch, dass er vorhanden wäre, für die Erklärung unseres Falles nicht auszureichen, denn man würde es sich schwer denken können, dass in einer weichen imbibitionsfähigen und imbibirten Masse der Wassergehalt lediglich durch die Anziehung der festen Molecule

Digitized by Google

gegenüber dem Wechsel der Concentration des umgebenden Mediums constant erhalten würde. Man sieht sich also auf den zweiten Grund, die grössere Festigkeit des Baues hingedrängt. Da sich aber der Widerstand zunächst in der Glätte und Kreisform des Contours zeichnet, so werden wir auch die Festigkeit zunächst in einer äusseren Wand, einer äusseren Hülle suchen, welche wir dem Körperchen zuschreiben. Eine solche feste Hülle, eine sogenannte Zellmembran, ist oft genug aus dem Schrumpfen der Zellen angeblich demonstrirt worden, hier schliessen wir auf sie mit mehr Recht aus dem Nichtschrumpfen; aber auch hier müssen wir uns, wie der Erfolg zeigen wird, sehr hüten, dass wir uns von dieser festeren Hülle keine unrichtige Vorstellung machen.

Bei den in Rede stehenden Körperchen sieht man bei starker Vergrösserung (Hartnack, *syst. à imm.* 10 Ocular 3—5) oft einen doppelten Contour, und ich glaubte schon in ihm einen augenscheinlichen Beweis von der Existenz einer dichtern Hülle von wahrnehmbarer Dicke vor mir zu haben, als es sich zeigte, dass ich nur durch Brechung und Reflexion getäuscht war. Ich fand, dass der doppelte Contour nicht mehr vorhanden war, wenn sich durch allmälig zunehmenden Druck des Deckglases das Körperchen linsenförmig abgeplattet hatte. In Fällen, wo dabei die Molecularbewegung noch fortbestand, sah ich die Körnchen bis unmittelbar an den äusseren Contour schwärmen; *die präsumtive feste Hülle hatte also sicher keine solche Dicke, dass wir selbige mit den stärksten Vergrösserungen, über welche wir gebieten, wahrnehmen könnten. Hieraus ergiebt sich auch zugleich, dass wir an ihr keine innere Begrenzung kennen, und auch nicht wissen können, ob sie sich nicht direct in innere feste Theile fortsetzt.*

In der folgenden Nummer werde ich den Beweis führen, dass dies in der That der Fall ist, und dass die äussere Hülle der Speichelkörperchen keinesfalls dem schematischen Bilde einer sogenannten Zellmembran, eines selbstständigen aussen und innen glatten Häutchens entspricht.

Wir haben, ehe wir zu derselben übergehen, noch eine andere Frage zu entscheiden, nämlich die, ob die Verschiedenheit des Ver-

Digitized by

haltens, welches die Speichelkörperchen unter der Einwirkung des Kochsalzes zeigen, auf einem generischen Unterschiede beruht oder durch verschiedenes Alter bedingt ist? Ich bin nach und nach immer mehr zu der Ansicht gekommen, dass letzteres der Fall sei. Es ist zwar auffallend, dass man im frischen Speichel unter den abgestorbenen Zellen ziemlich eben so viele der ersten Art, als solche der zweiten Art findet, aber dies beweist im Grunde nichts, da es auch die Erklärung zulässt, dass ein grosser Theil der Speichelkörperchen abstirbt, noch ehe er alle Phasen seiner Entwickelung durchgemacht hat. Sicher wird es ein nicht gering zu schätzendes Moment sein, wenn sich Zwischenstufen zwischen beiden Arten finden, und diese finden sich allerdings. Wenn ihre Zahl und Mannigfaltigkeit nicht gross genug ist, um die Abtheilung der gesammten Körperchen in zwei Hauptgruppen als unstatthaft erscheinen zu lassen, so mag sich dies wohl daraus erklären, dass die Metamorphose einen verhältnissmässig kurzen Zeitraum in Anspruch nimmt, so dass wir mehr Körperchen vor und nach, als während der Metamorphose antreffen. Ein wesentliches Argument für die Einheit scheint mir ferner in Folgendem zu liegen: Man findet die Speichelkörperchen nicht nur einzeln, sondern auch in kleinen zusammenhängenden traubenförmigen Häufchen. Die einzelnen zeigen niemals Neigung an einander zu kleben, es ist deshalb auch nicht wahrscheinlich, dass Speichelkörperchen verschiedener Bildungsstätten sich zu Träubchen vereinigten [1]). Diese letzteren habe ich nun der Einwirkung des Kochsalzes unterworfen und gefunden, dass ihre verschiedenen Glieder sich höchst verschieden verhalten, so dass an einem und demselben Träubchen Speichelkörperchen der ersten und Speichelkörperchen der zweiten Art vorkommen. Hiernach muss ich schliessen, dass die Speichelkörperchen generisch nicht von einander verschieden sind, sondern nur je nach ihrem Alter eine grössere oder geringere Widerstandsfähigkeit zeigen.

---

[1]) Ich fand an einigen der zu solchen Haufen vereinigten Speichelkörperchen sehr blasse stielartige Fortsätze, durch welche sie zusammenzuhängen schienen; ob aber dieselben zu ihrer Entwickelung in Beziehung stehen, oder blosse ihnen anhaftende Schleimfäden sind, konnte ich bis jetzt nicht entscheiden.

Digitized by Google

4. Ich fügte zu einem Tropfen Speichel ein wenig Harnstoff, den ich zuvor zwischen zwei Objectträgern zermalmt hatte. Ich beobachtete dabei ausser den Formen, wie sie mir bereits durch die Einwirkung des Kochsalzes bekannt waren, auch gewisse neue, welche mir der Erwähnung werth scheinen. Es waren dies Speichelkörperchen, von denen sich einzelne Partien, zwei, drei oder mehrere, abgeschnürt hatten. Wenn jemand dieselben zuerst im unvermischten Speichel gefunden hätte, so hätte er glauben können, es seien Zellen, die im Begriffe stehen, sich durch Theilung oder Sprossenbildung zu vermehren; ich habe sie aber im unveränderten Speichel niemals gesehen, und es ist mir auch einmal gelungen, die Verwandlung eines gewöhnlichen Speichelkörperchens in eine solche complicirte Form unter der Einwirkung des Harnstoffs direct zu verfolgen. Ich hatte hierbei Gelegenheit zweierlei zu beobachten: erstens, dass die Veränderung vor sich ging, während in einem Theile des Körperchens die Molecularbewegung noch im vollen Gange war, und zweitens, dass von den runden durch Ausbauchung und Einschnürung entstehenden Gebilden, deren zwei zu Stande kamen, das eine von vornherein mit Körnchen gefüllt war, das zweite deren anfangs keine enthielt, später aber einige in dasselbe hineintraten.

Diese eigenthümlichen Formen erhalten sich nicht, sondern gehen in andere mannigfach unregelmässige über, nachdem die Molecularbewegung vollständig erloschen ist. Sie haben für mich ein wesentliches Interesse, weil sie zeigen, dass die Hülle mit festen Theilen [1]) im Innern des Körperchens in unmittelbarer Verbindung steht, oder, was im Grunde auf dasselbe hinausläuft, sich in relativ feste Gebilde fortsetzt, die tief in das Innere hineinragen; denn in einer einfachen, aussen und innen glatten Membran lässt sich keine Art der Schrumpfung oder Zusammenziehung denken, welche zu so complicirten Formen führte, wie ich sie auf Einwirkung des Harnstoffs habe entstehen sehen.

---

1) Es versteht sich wohl von selbst, dass mit festen Theilen hier nicht starre Theile gemeint sind, sondern lediglich solche, welche unter Umständen einen Widerstand zu leisten, oder einen Zug auszuüben im Stande sind.

Digitized by

5. Ich habe beobachtet, dass unter der Einwirkung von Blutlaugensalz, welches gleichfalls in Substanz, nicht in Lösung zu dem Speichel hinzugebracht war, einige der Körperchen ihre Gestalt in sehr auffallender Weise verändert hatten; sie waren ei- oder birnförmig, selbst spindelförmig, und hatten theils stachelförmige, theils unregelmässig gestaltete Fortsätze. Obgleich der Contour des Körperchens in den Contour der Fortsätze direct überging, so war es doch bei den spitzigen Formen, in welche die letzteren ausliefen, unmöglich, sie für Aussackungen einer einen flüssigen Inhalt bläschenartig umschliessenden Zellmembran zu halten. Die Körnermasse setzte sich zum Theil in die Fortsätze fort, befand sich aber in denselben immer in Ruhe, auch wenn die Molecularbewegung in dem Körperchen selbst noch lebhaft im Gange war.

6. Ich habe die Speichelkörperchen oftmals durch Druck auf das Deckglas zerquetscht, aber niemals solche Erscheinungen eintreten gesehen, wie man sie erwarten müsste unter der Voraussetzung, dass die Speichelkörperchen Bläschen seien. Nach dieser müsste man erwarten, dass das Bläschen plötzlich zerplatzt und den flüssigen Inhalt freigiebt, dessen Körnchen dann in der umgebenden Flüssigkeit in zitternder Molecularbewegung umherschwärmen würden.

Die Erscheinungen, welche ich beobachtet habe, sind im Wesentlichen folgende: Die Speichelkörperchen lassen sich durch Druck sehr bedeutend abplatten, ohne dadurch bleibend verändert zu werden; so lange man noch ringsum den Contour glatt und scharf erhalten sieht, dauert in der Regel die Molecularbewegung fort, und wenn der Druck wieder nachlässt, so geht das Körperchen ganz wieder in seine frühere Gestalt zurück. Comprimirt man stärker, so wird das Ganze in einen flachen Kuchen mit unregelmässigem Umriss verwandelt, in welchem die Körnchen nun ruhend daliegen, oder die Körnermasse weicht, nachdem der kreisförmige Contour verschwunden ist, in unregelmässigen Massen strahlenförmig unter dem Drucke auseinander, so dass nur ein kleiner Theil derselben noch um den Kern herumliegt. Endlich drittens kann es geschehen, dass der grösste Theil des Contours erhalten bleibt und die Körnermasse nur an einer Seite austritt und so ein unregelmässig gestaltetes Anhängsel bildet. Es ist wohl

Digitized by Google

im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die Körperchen, bei denen dieser dritte Fall eintritt, derjenigen Modification angehören, an der wir oben den bedeutenden Widerstand gegen die Einwirkung des Salzes beobachtet haben, denn es zeigt sich hier ein ähnlicher Widerstand gegen den mechanischen Druck darin, dass nicht das Körperchen in seiner Totalität zermalmt, sondern nur ein Theil seiner Masse, der weichere, herausgequetscht wird.

In keinem der erwähnten Fälle habe ich die herausgequetschten Körnchen frei in der Flüssigkeit herumschwärmen gesehen, auch nicht, wenn ich das Deckglas wieder gehoben hatte. Nur wenn ich nachträglich Wasser hinzufügte, sah ich einige Körnchen schwärmen, aber ich konnte dann begreiflicherweise nicht mehr beurtheilen, ob diese Körnchen zu denen gehörten, welche ich aus den Speichelkörperchen herausgequetscht hatte. Alle diejenigen, welche noch einen Bestandtheil der letzteren bildeten, blieben vollkommen ruhig.

7. Um die Speichelkörperchen der Einwirkung des Magnetelektromotors aussetzen zu können, bedeckte ich den metallenen Tisch meines Mikroskops mit einer dünnen in der Mitte für den Durchgang des Lichtes durchbohrten Holzplatte, welche zwei Kupferschienen trug, deren Enden mit denen der Inductionsspirale verbunden wurden. Ferner belegte ich mehrere Objectträger so mit zwei getrennten Stücken Stanniol, dass dieselben auf der einen Fläche in abgestumpften Spitzen von sieben Millimeter Breite auf eine Entfernung von zwei bis fünf Millimeter gegen einander liefen, und auf die andere Fläche sich umschlugen, um durch die Berührung mit den Kupferschienen die Verbindung mit der Inductionsspirale herzustellen. In das Feld zwischen den Spitzen wurde der Speicheltropfen gesetzt und mit einem Deckglase bedeckt. Nachdem ich mehrere Speichelkörperchen mit lebhafter Molecularbewegung in's Sehfeld gebracht hatte, schloss ich den Kreis des primären Stroms, so dass das Instrument zu arbeiten anfing. Es war ein Neef'scher Magnetelectromotor von grösseren Dimensionen und die Inductionsrolle war ganz hinaufgeschoben. Die Wirkung blieb auch nicht aus, die Speichelkörperchen wurden sämmtlich ihrer Molecularbewegung beraubt, aber nach ungleicher Zeit der Einwirkung, so dass sie in einigen früher, in anderen später aufhörte. Die

Digitized by Google

einen zerplatzten mit einem plötzlichen Ruck, zeigten dabei ähnliche Erscheinungen, wie ich sie unter Nr. 2 zu Anfang (erste Art des Zerplatzens) beschrieben habe, nur dass vor dem Zerplatzen niemals ein Anschwellen standfand. Es blieb zuletzt von ihnen nur der oder die Kerne und ein unregelmässiges Körnerhäufchen sichtbar. Die anderen behielten ihren runden Contour, aber die Molecularbewegung hörte vollständig auf und begann auch nicht wieder, wenn der Electromotor ausser Thätigkeit gesetzt wurde.

Ich habe Versuche dieser Art nicht an Speichelkörperchen allein gemacht, sondern auch an ganz frischem mit Wasser verdünntem Blute. Auch hier zerplatzten die weissen Blutkörperchen und ebenso in mit Wasser stark verdünntem Eiter die Eiterkörperchen [1]). Die Körnchen, welche sie austrieben, zeigten ziemlich lange dieselben Bewegungen, welche unter analogen Umständen die Körnchen der Speichelkörperchen zeigten; dann aber kamen sie in ganz ähnlichen Gruppirungen zur Ruhe. Ich hatte Gelegenheit bei kleinen Bewegungen des Deckglases zu beobachten, dass diese Gruppen durch ein hyalines Bindemittel zusammengehalten wurden. Ich kann nicht entscheiden, ob dasselbe ein blosses Gerinnungsprodukt ist, oder ob die Körnchen schon im lebenden Speichel-, Lymph- und Eiterkörperchen mit hyalinen Gebilden zusammenhängen, deren Brechungsindex den des Wassers so wenig übersteigt, dass sie für uns unsichtbar sind.

Bei der Frage nach der Ursache des Zerplatzens könnte vielleicht jemand an einen oberflächlichen Schmelzungsprocess [2]) denken, durch

---

[1]) Hier sah ich mehrmals zwei an einander haftende Eiterkörperchen in eine tropfenartige Masse zusammenfliessen. Man muss sich hierbei gegenwärtig halten, dass bei abnehmenden Dimensionen die Wirkung der Synaphie auf die Gestaltung der Massen immer mehr in den Vordergrund tritt. Eine grosse Flüssigkeitsmasse breitet sich unter den Wirkungen der Schwere aus, eine kleine bildet einen Tropfen, der eine um so vollkommenere Kugel darstellt, je kleiner er ist. Wirkungen, die sich auf reine Flüssigkeiten so allgemein geltend machen, müssen auch einen Effect ausüben auf Flüssigkeiten, die feste Theile einschliessen, und auf Gebilde, die aus festen und flüssigen Theilen aufgebaut sind, aber nur ein sehr geringes Widerstandsvermögen besitzen.

[2]) Um den Einfluss der stetigen Elektrolyse kennen zu lernen, leitete ich mit denselben Hülfsmitteln einen constanten Strom durch die Eiterkörperchen. Bei vier Grové'schen Bechern, von der Grösse gewöhnlicher Trinkgläser, war die Gas-

Digitized by Google

den die Körner freigegeben würden, aber diese Ansicht hat die directe Beobachtung gegen sich. Bei weniger stark turgescirenden Eiterkörperchen, d. h. bei solchen, die noch weniger von dem zugesetzten Wasser aufgesogen haben, sieht man beim Hindurchgehen der Schläge die Körnchen nicht plötzlich hervorschiessen, sondern die Körnermasse dringt an einer Stelle nach Art eines Prolapsus im Zusammenhange heraus, so dass ihre Bewegung leicht und deutlich verfolgt werden kann, während man zugleich sieht, dass an der ganzen übrigen Oberfläche auch kein einziges Kernchen frei wird. Es bleiben also nur zwei Möglichkeiten, entweder das Körperchen wird vom Strom mechanisch verletzt, oder der letztere ruft eine Zusammenziehung hervor, vermöge welcher das Körperchen sich selbst zersprengt, wie es von manchen Mollusken bekannt ist, dass sie auf Reize sich derartig plötzlich und gewaltsam zusammenziehen können, dass sie dadurch Rupturen in ihrem eigenen Gewebe hervorbringen.

Ich glaube, dass jeder, der die Bedingungen vor Augen hat, unter welchen der Strom hier wirkt, sich eher für die letztere Annahme entscheiden wird. Allein auch gegen diese stiegen mir sehr wesentliche Bedenken auf. Ich hatte Eiter mit Speichel, der mir hier als Verdünnungsmittel statt des Wassers dienen sollte, vermischt und eine äusserst geringe Menge von Essigsäure zugesetzt: ihre Wirkung machte sich fühlbar, die Kerne bekamen doppelte Contouren, und das Innere der Eiterkörperchen erhellte sich; dennoch wirkten auf sie die Schläge des Magnetelektromotors, und ich sah einige deutlich ihre Form verändern und tropfenartige Gebilde herausdrängen. Aehnliches sah ich unter der Einwirkung von Wasser, welches ein Gramm Chlorwasserstoff im Litre enthielt. Die Idee, dass die durch den Elektromotor hervorgebrachten Bewegungen vitaler Natur seien, schien mir

---

entwickelung schon so stark, dass die Beobachtung gestört wurde. Auch bei drei Bechern entwickelten sich noch zahlreiche Gasblasen, welche den grössten Theil der Körperchen von der negativen Elektrode fortschoben, einige zerflossen, andere widerstanden und bewahrten auch ihre Molecularbewegung. An der positiven Elektrode gingen ganz ähnliche Veränderungen vor, wie in sehr verdünnter Essig- oder Chlorwasserstoffsäure. Das Innere der Eiterkörperchen klärte sich, und die Kerne bekamen dunkle, zum Theil doppelte Contouren.

Digitized by

Anfangs mit diesen Thatsachen unvereinbar, schliesslich musste ich mir aber doch sagen, dass Reagentien möglicherweise sehr stark sichtbare Veränderungen hervorbringen könnten, noch ehe sie die Lebenseigenschaften des Körperchens gänzlich zerstört hätten, und dass ja nicht allen contractilen Substanzen die sehr verdünnte Salzsäure so verderblich ist, wie den Muskeln, indem Kühne Amöben in derselben stundenlang ihre Bewegungen fortsetzen sah [1]). In der That überzeugte ich mich auch, dass jene Bewegungen mit der längeren Einwirkung der Säuren immer schwächer und endlich unmerklich wurden. Da aber auch die sichtbare, durch die Säuren bewirkte Veränderung immer mehr vorschritt, so nahm damit natürlich auch die Deutlichkeit und Sicherheit der Beobachtung ab. Ich suchte deshalb nach einer Flüssigkeit, in der die Körperchen rascher abstürben, während ihr Aussehen sich langsam verändert, und fand diese in Wasser, das sechs Grammen Chlorwasserstoff im Liter enthält. Bringt man in dasselbe Eiterkörperchen, so findet man sie nach einigen Minuten ohne alle Molecularbewegung und mit scharf umränderten Kernen, sonst wenig verändert, nur dass in einigen das Innere sich aufzuhellen beginnt, in anderen sich schon geklärt hat. Die Contouren sind rein und deutlich. Lässt man jetzt die Schläge des Magnetelektromotors einwirken, so bleiben die Erscheinungen, wie man sie an den lebenden unveränderten Eiterkörperchen gesehen hat, völlig aus. Die Körperchen verändern sich noch, sie hellen sich auf, der Contour wird blässer und verschwindet bei einigen ganz, aber das geschieht auch ohne Einwirkung von Seiten des Magnetelektromotors, nur wie es mir nach einigen vergleichenden Versuchen schien, weniger rasch. Dass die Veränderungen hier schneller fortschritten, war vielleicht Folge der Elektrolyse, vielleicht auch nur Folge der in der Flüssigkeit entstehenden Bewegung; jedenfalls hatten diese Veränderungen nichts gemein mit denen, welche ich an lebenden Eiterkörperchen beobachtet hatte.

Die vorstehenden Blätter zeigen, wie ich glaube ohne weitern Commentar, dass die Bewegungen, welche wir im Innern von thieri-

---

[1]) Myologische Untersuchungen, Leipzig 1860, S. 208.

Digitized by Google

schen Zellen wahrnehmen, uns noch ein weites Feld der Forschungen darbieten. Wenn es auch mühsam ist, dasselbe zu betreten, und wenn auch die Erfolge in ungewisse Ferne gerückt sind, so ist doch die Zeit vorüber, wo wir uns mit dem Namen der Molecularbewegung über unsere Unbekanntschaft mit den wahren Ursachen der Erscheinungen beruhigen könnten. Schon die dürftige Einsicht, welche uns die hier mitgetheilten Versuche eröffnen, lehrt uns, dass wir die früheren Ansichten nicht festhalten können. Selbst wenn wir annehmen, dass die Körnchen von keinen anderen Impulsen bewegt werden als Schwefel-, Harz- oder Tuschtheilchen in freier Flüssigkeit, und dass sie nach dem Tode des Speichelkörperchens nur deshalb zur Ruhe kommen, weil sie von der gerinnenden Säftemasse in ein Coagulum eingeschlossen werden; selbst bei dieser Annahme müssen wir uns eingestehen, dass die Bewegung nicht in einer gemeinsamen, von einer glatten Zellmembran äusserlich sphäroidisch begrenzten Zellenhöhle, sondern in einem Systeme von kleineren Räumen vor sich gehen würde, deren Gestalt und Begrenzung uns bis jetzt vollkommen unbekannt geblieben; wir sehen aber ausserdem auch noch die Möglichkeit vor uns, dass die Bewegung der Körnchen in einem innigen Zusammenhange mit den Lebenserscheinungen des kleinen Organismus stehe, und nicht ohne weiteres mit der Bewegung kleiner lebloser Körper, welche wir mit dem Namen Molecularbewegung bezeichnen, verglichen werden könne. Es sagt zwar ein allbekannter Satz: Wo man einen zureichenden Grund für eine Erscheinung kennt, hat man keine Ursache nach einem andern zu suchen; aber es würde unstatthaft sein, diesen Grundsatz auf unsern Fall anzuwenden, denn erstens kennen wir den Grund der Molecularbewegung nicht, sondern wissen nur aus Erfahrung, dass sich sehr kleine flottirende Körperchen stets in einer zitternden Bewegung befinden, und zweitens wird jetzt nach den Erfahrungen, die wir über die Zellen gemacht haben, niemand in Abrede stellen, dass unsere Körnchen möglicherweise noch anderen Impulsen unterworfen sein können, sei es, dass sie von ihnen selbst, sei es, dass sie von ihrer Umgebung ausgehen.

Digitized by Google

III.

Versuche und Beobachtungen am Blute.

Von

Dr. **Alexander Rollett**,

Assistenten am physiolog. Institute der Wiener Universität [1]).

(Mit 1 Tafel.)

Nebst krystallographischen und optischen Mittheilungen über die Blutkrystalle

von Dr. V. v. Lang.

Aus einer grösseren Reihe von Versuchen und Beobachtungen am Blute, welche ich im verflossenen Winter angestellt habe, theile ich in den nachfolgenden Blättern Einige mit.

Ich mache den Leser vor Allem darauf aufmerksam, dass er manches von dem, was in dieser Abhandlung aufgenommen wurde, nicht sowohl als abgeschlossen und durchgearbeitet auffasse, sondern vielmehr als vorläufig festgestellte Thatsachen. Es wird voraussichtlich eine lange Zeit erfordern, um einzelne der gebotenen Arbeiten in ihrem vollen Umfange durchzuführen; überdies lassen sich aber viele der mitzutheilenden Versuche nur in der kalten Jahreszeit gut anstellen. Namentlich der letztere Umstand bestimmte mich, einige der bisher gewonnenen Resultate und Standpunkte schon jetzt zu publiciren.

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.

Digitized by Google

I.

Aggregatzustand der rothen Blutkörperchen.

Ich werde hier einen Versuch beschreiben, welcher älteren Versuchen ähnlich ist, aber, wie mir scheint, in höherem Grade als diese uns über die Dehnbarkeit, Elasticität und Cohäsion der möglichst unveränderten feuchten Blutkörperchen belehren kann.

Um die Kräfte zu schätzen, mit welchen die kleinsten Theilchen mikroskopischer Gebilde ihre gegenseitige Lagerung zu erhalten suchen, oder mit welchen sie aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht in dieselbe zurücktreten, stehen uns nur wenige Mittel zu Gebote.

Von quantitativen Bestimmungen, der Hauptsache bei derlei Untersuchungen im Grossen, kann natürlich keine Rede sein, wir dürfen uns aber gerade deswegen nicht damit begnügen, ein Gebilde nur einmal in dieser oder jener Richtung einem Zuge oder Drucke unterworfen zu haben, wir müssen uns vielmehr bemühen, in zeitlicher Folge möglichst viele verschiedenartige Drucke oder Züge auf dasselbe Gebilde auszuüben. Die Mannigfaltigkeit der Resultate, die Grenzen, zwischen welchen diese Mannigfaltigkeit eingeschlossen ist, werden uns dann wenigstens einigermassen eine Schlussfolge gestatten, die wir auf Zahlen zu basiren vorläufig ausser Stande sind. Für die Blutkörperchen entspricht unseren Forderungen ein Versuch, der zunächst damit beginnt, die Blutkörperchen in flüssigen Leim einzutragen und diesen dann gelatiniren zu lassen.

Wir mischen zu dem Ende frisches defibrinirtes Blut mit ganz reinem Leim, welchen wir uns selbst aus gereinigten Sehnen dargestellt und auf jede mögliche Weise von fremden Beimengungen befreit haben.

Der Leim muss für sich gestehend eine steife Gallerte bilden, die aber bei sehr niederen Temperaturgraden flüssig wird. Stücke derselben müssen in einem Gefäss mit dünnen Glaswandungen in der geschlossenen Hand gehalten, nur durch die Wärme der letzteren, also bei 35—36° C. sich verflüssigen.

Wenn man also verflüssigten Leim zu frischem defibrinirten Blut setzt, welches man durch längeres Halten in der andern Hand auf

Digitized by Google

eine annähernd gleiche Temperatur gebracht hat, so bemerkt man, dass der Leim bis zu einem gewissen Grade zugesetzt, die äussere Form der Blutkörperchen und die Intensität ihrer Färbung nicht wesentlich verändert. Die Blutkörperchen der Frösche behalten ihre Grösse und Scheibenform bei, die des Menschen und der Säugethiere ebenfalls.

Hat man aber jene Grenze überschritten, innerhalb welcher der Leimzusatz in der beschriebenen Weise vertragen wird, so werden die Blutkörperchen blass, sie verlieren ihre Contouren und geben zunächst ihren Farbestoff an den Leim ab, dieser färbt sich roth, kurz sie erleiden dieselben Veränderungen, wie durch Einwirkung von Wasser.

Um das für unsern Versuch erforderliche Verhältniss der Mischung zu treffen, ist es durchaus nothwendig, sich von den mitgetheilten Thatsachen zu überzeugen. Es geschieht dies am besten, wenn man die angefertigten Proben durch rasches Abkühlen zum Gelatiniren bringt und nun die erhaltenen Gallerten untersucht.

In dünnen Schnitten derselben wird man unterhalb der oben angeführten Grenze die Blutkörperchen unverändert, die Gallerte selbst aber ungefärbt antreffen, über jener Grenze wird man nur Reste der Blutkörperchen in der gefärbten Gallerte vorfinden.

So viel als Anleitung zu den Vorbereitungen unseres Versuches.

Ich habe stets gefunden, dass ein Volumtheil Leimgallerte von der beschriebenen Beschaffenheit und ein Volumtheil defibrinirten Blutes oder $1^1/_2$ oder 2 Theile des letzteren sich am besten eignen.

Hat man sich diese Kenntnisse verschafft, dann unterliegt das weitere Verfahren keiner Schwierigkeit.

Ein dünnes Schnittchen der das Blut enthaltenden Gallerte bringt man auf einen Objectträger und drückt mit einiger Gewalt ein Deckgläschen darauf, dann sieht man unter dem Mikroskop:

1) Blutkörperchen, die vereinzelt oder in Gruppen zusammen ruhig liegen, zu den mannigfachsten Formen und oft zu einer ihren Durchmesser um Vieles übertreffenden Länge ausgezogen, kurz man

Digitized by Google

erhält Bilder, wie sie Lindwurm [1]) durch Einwirkung zäher Gummilösungen erhalten hat, oder wie sie Hassall in geronnenem Faserstoff eingeschlossen beschreibt und abbildet [2]). Säugethier- und Froschblutkörperchen verhalten sich in dieser Beziehung vollkommen gleich.

2) Sieht man aber auch Blutkörperchen im Sehfeld sich bewegen.

Strömchen von Blut schiessen im Sehfeld nach verschiedenen Richtungen, in diesen Strömchen folgen die Blutkörperchen meist einzeln auf einander, und während sie sich unter den Augen des Beobachters weiter bewegen, erleiden sie rasch hintereinander die allerverschiedensten, amöbenartigen Formveränderungen. Die Erklärung ist nicht schwer zu finden. Durch den Druck des Deckgläschens entstehen in der steifen Gallerte, welche die Blutkörperchen einzeln oder in Herden zusammen liegend, in sich einschliesst, feine Sprünge und Risse; durch diese engen Klausen hindurch suchen sich aber die Differenzen jener Drücke abzugleichen, unter welche die einzelnen Blutherde beim Aufdrücken des Deckgläschens zufällig gelangt sind, daher das Fliessen; die Enge der Strombette, die Unebenheiten ihrer Ufer und die Fähigkeit der Blutkörperchen sich den Unebenheiten zu accommodiren, bedingen das Weitere.

Auch dieses Phänomen hat man aber in sehr geringem Grade ausgebildet, bekanntlich schon bei im noch kreisenden Blut der Frösche befindlichen Blutkörperchen beobachtet.

Man hat die Blutkörperchen in den Capillaren der Schwimmhaut namentlich bei entzündlichen Störungen sich gegenseitig zusammendrücken, sich durch enge Gefässe unter bedeutender Streckung hindurchzwängen, man hat sie an Theilungswinkel der Gefässe angeschleudert, sich um diese Winkel herumbiegen gesehen [3]).

---

[1]) Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeufer. Bd. VI. S 266. Taf. IV, Fig. 3.

[2]) Mikroskopische Anatomie. Aus dem Englischen übersetzt von Kohlschütter. S. 49. Taf. II. Fig. 6.

[3]) Henle sah in einer zähfliessenden Colloidmasse einmal Blutkörperchen in der Richtung der Strömung sich bedeutend verlängern. Canst. Jahresbericht, 1850, pag. 32.

Digitized by Google

Aber eine solche Mannigfaltigkeit, wie sie der obige Versuch darbietet, erinnere ich mich nie beobachtet zu haben, und dies allein bestimmte mich, ihn hier zu empfehlen. Ich kann noch hinzufügen, dass er trotz der Complicirtheit, welche man *a priori* an demselben zu erblicken meint, doch bei einiger Ausdauer und Uebung sicher gelingt.

Zergliedern wir nun die zu beobachtenden Erscheinungen weiter, und sehen wir zu welchen Schlüssen sie uns führen.

Die Blutkörperchen des Frosches strecken sich in die Länge und nehmen die Form einer Spindel an; oder sie erscheinen in zwei oder mehrere von der Seite her rundlich begrenzte Wülste getheilt, die beim Weiterschreiten des Blutkörperchens wellenförmig über dasselbe ablaufen; oder aber sie erscheinen unregelmässig gewulstet und gefleckt, d. h. aus dünneren, ausgezogenen und blassen Stellen und aus dickeren aufgewulsteten und intensiver gefärbten zusammengesetzt, Bilder, welche sehr oft an die Abbildungen erinnern, welche Hensen (Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Band XI, Taf. 22, Fig. 5*a*–*d*) gegeben hat. Wenn ich dies sage, so will ich damit, wie sich von selbst versteht, nicht behaupten, dass die Hensen'schen Bilder sich auch auf dieselbe Weise erklären. Auch unter den ruhig in der Leimgallerte eingeschlossenen Blutkörperchen bemerkt man solche verzogene Formen. Häufig sieht man, wenn Blutkörperchen mit einer grossen Schnelligkeit durch gleichmässig weite Spalten hindurchtreten, also nahezu überall denselben Durchmesser haben, dass sie an ihrem stromaufwärts gelegenen Ende einen trichterförmigen Eindruck bekommen, indem die centralen Theile desselben den an der Wand gleitenden Schichten soweit voraus sind, als die Dehnbarkeit des Blutkörperchens gestattet.

Alle die beschriebenen Bilder wechseln an denselben Blutkörperchen mit einander ab, wie Beugungswellen laufen sie über dasselbe hin und so wie das Blutkörperchen den Klüften und Drücken, welche ihm diesen Formenwechsel aufzwingen, entronnen ist, wenn es frei in einen grösseren Tropfen Flüssigkeit (Serum) wieder gelangt, nimmt es, seinen eigenen Kräften überlassen, eben so rasch seine alte elliptische Scheibenform wieder an.

Digitized by Google

Wenn wir aber die in einem Strömchen sich folgenden Blutkörperchen im Einzelnen aufmerksam betrachten, so sehen wir, dass an jedem an demselben Orte des Stromes dieselben Veränderungen sich mit grosser Regelmässigkeit oft lange Zeit hinter einander wiederholen.

Während dieser langen Kette von Veränderungen habe ich niemals ein Platzen, ein Ausrinnen eines Blutkörperchens gesehen, wohl aber kommt es vor, dass ein Blutkörperchen an einer Stelle haften bleibt, dann zieht sich von dieser Stelle ein Fortsatz aus, der endlich entzwei reisst; der Theil des zerrissenen Fortsatzes, welcher noch am Blutkörperchen hängt, zieht sich dann wieder in dasselbe ein, und dieses treibt unter mannigfachen neuen Formveränderungen weiter, ja noch mehr, es ereignete sich ein paarmal, dass der ganze Kern aus dem Blutkörperchen herausgerissen wurde, ohne dass dieses letztere dadurch eine merkliche Veränderung in Beziehung auf seine Durchmesser und seine Widerstandsfähigkeit beim weiteren Fliessen erlitt.

Die Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen verhalten sich beim obigen Versuche denen des Frosches sehr ähnlich, sie bieten denselben Formenwechsel, dieselbe Mannigfaltigkeit von Bildern dar, ja das Ausziehen von Fortsätzen und Abreissen derselben findet hier, wenn die Blutkörperchen zufällig die sogenannte sternförmige Verschrumpfung erlitten haben, noch viel häufiger und ausgedehnter Statt, als bei den Froschblutkörperchen.

Ich habe das Blut des Menschen, des Hundes, des Schweines und des Meerschweinchens auf diese Weise untersucht.

Die Blutkörperchen bestehen also, dies ist der unmittelbare Ausdruck für die erhaltenen Resultate ihrer Hauptmasse nach aus einer in hohem Grade dehnbaren Substanz von einer in weiten Grenzen vollkommenen Elasticität. Die mannigfachsten und abweichendsten Formen können ihnen durch äussere Kräfte aufgezwungen werden, hören diese zu wirken auf, so kehren die kleinsten Theilchen derselben wieder in ihre frühere Gleichgewichtslage zurück.

Wahrnehmungen, welche uns berechtigen würden, sichtbar neben einander liegende Theile eines dichten Balges und eines flüssigen In-

Digitized by

halts an den Blutkörperchen zu unterscheiden, haben wir bei dem beschriebenen Versuche keine gemacht.

Ja wir können diejenigen, welche von einer Membran und einem flüssigen Inhalte sprechen, ganz unverholen fragen, wie man sich erklären soll, dass eine mit Flüssigkeit erfüllte Blase, die wieder in einer Flüssigkeit schwimmt, von zwei nach Aussen convexen oder concaven Flächen und einer elliptischen oder kreisförmigen Zone von bestimmter Höhe begrenzt ist, wenn die Membran dieser Blase in allen ihren Theilen einen so hohen Grad von Dehnbarkeit besitzt, wie es die obigen Versuche verlangen. Wie man sich das Ausziehen langer Fortsätze aus diesen Blasen, das Abreissen derselben ohne ein Platzen, ohne ein Ausfliessen erklären soll?

Wir werden uns also den Betrachtungen anschliessen müssen, welche Brücke [1]) über die Einwirkung von Reagentien auf die Blutkörperchen angestellt hat.

Andererseits werden wir aber in den nachfolgenden Abschnitten auf Erscheinungen stossen, welche die Blutkörperchen auf verschiedenartige anderweitige Einflüsse darbieten, und welche sich alle ganz gut mit dem Resultat unseres ersten Versuches, niemals aber mit der Annahme vereinigen lassen, dass die Blutkörperchen Zellen nach Schwann'schem Schema darstellen.

Da wir uns einer ausführlichen Kritik jener, welche das letztere für die Blutkörperchen noch festhalten, vorläufig begeben haben, so war die Mittheilung des beschriebnen Versuches, als unseren Standpunkt bezeichnend, an ihrem Platze.

II.

Veränderungen, welche das Blut durch das Frieren erleidet.

Bald nachdem ich angefangen hatte, mich mit den hier niedergelegten Untersuchungen zu beschäftigen, theilte mir Herr Professor Brücke mit, dass er während seiner Untersuchungen über die Ur-

---

[1]) Die Elementarorganismen. Vgl. diese Zeitschrift, Bd. VIII, S. 495 u. folg.

Digitized by Google

sachen der Blutgerinnung, als er die Versuche von Hewson über das Gerinnen gefrorenen und wieder aufgethauten Blutes wiederholte, die Beobachtung machte, dass das so behandelte Blut durchsichtig wie Lackfarbe wurde. Durch den Einfluss des Gefrierens mussten also die Blutkörperchen, welche frisches Blut selbst in dünnen Schichten undurchsichtig machen, verändert worden sein.

Diese mir mitgetheilte Thatsache habe ich weiter verfolgt.

Ich verwendete stets frisches defibrinirtes Blut zu den Versuchen. Dasselbe wurde in dünnen Schichten in Platingefässen durch eine Frostmischung zum raschen Frieren gebracht, so dass sich nicht einzelne Eisnadeln nach und nach ausbilden konnten, sondern die ganze Masse zu einem dichten Kuchen mit matter oder fein radienartig gestreifter Oberfläche zusammenfror.

Sowie das Frieren vollendet war, wurde das Blut wieder aufgethaut.

Wird das Blut des Kaninchens oder des Schweines oder des Meerschweinchens zu diesen Versuchen benützt, so findet man unter dem Mikroskope in einem Tropfen des wieder aufgethauten Blutes gewöhnlich keine Spur der rothen Blutkörperchen mehr. Das ganze Blut ist eine homogene rothe Flüssigkeit geworden, in welcher man nur noch die weissen Blutzellen entdecken kann.

Der Farbestoff der Blutkörperchen hat sich in Serum aufgelöst. Wir können eine Portion des durchsichsig gewordenen Schweine- oder Kaninchenblutes in etwa 10 Centim. lange dünne Glasröhren einfüllen und dieselben lothrecht an einem kühlen Orte gegen Verdunstung geschützt aufstellen. Neben jedes der Röhrchen bringen wir zur Gegenprobe ein zweites, welches mit unverändertem defibrinirtem Blut desselben Thieres angefüllt ist.

Während sich in dem letzteren nach kurzer Zeit die Blutkörperchen zu Boden senken, und eine Schichte von ungefärbtem oder wenig tingirtem Serum unter der Oberfläche sichtbar wird, sehen wir im durchsichtig gewordenen Blute, abgesehen von der Sedimentirung der weissen Blutkörperchen und zufällig vorhandenen Faserstoffpartikelchen keine Schichtung in der rothen Flüssigkeit eintreten, die hier gerade durch Nüancirungen in der Farbe vom unteren zum oberen

Digitized by Google

Ende sich auffallend kenntlich machen müsste. Warum ich das Blut des Meerschweinchens zu diesem letzteren Versuche nicht empfehlen konnte, wird sich später ergeben.

Es genügt aber nicht immer ein einmaliges Frieren und Wiederaufthauen, um die Blutkörperchen vollständig unsichtbar zu machen.

Beim Blut des Hundes und des Menschen ist das letztere in der Regel der Fall.

Wenn man aber die Procedur des Frierens und Wiederaufthauens öfter hinter einander wiederholt, so sieht man, dass man sich dadurch immer mehr und mehr denjenigen Veränderungen annähert, welche das Blut der früher aufgeführten Thiere schon nach einmaligem Frieren erleidet.

Gerade diese successiven Veränderungen sind aber wieder einer näheren Betrachtung werth.

Schon nach einmaligem Frieren sieht man am Hunde- und Menschenblut, dass die grösste Menge der Blutkörperchen ihren Farbestoff an das Serum abgegeben hat.

Viele der Blutkörperchen sind verblasst, ohne dass sie ein Merkliches an Grösse eingebüsst hätten.

Die meisten sind kugelig geworden und haben einen viel geringeren Durchmesser.

Nach jedem neuen Frieren und Wiederaufthauen mehrt sich die Zahl der letzteren und zuletzt nimmt man nur wenige oft kaum mehr sichtbare Scheibchen als die letzten Ueberreste der rothen Blutkörperchen wahr, bis endlich auch diese verschwinden.

Den besten Einblick in alle diese Verhältnisse verschafft man sich durch directe Vergleichung, wenn man zu einem auf den Objectträger gebrachten Tropfen des erfrornen Blutes von der Seite her einen Tropfen desselben aber nicht erfrornen Blutes treten lässt, welches man vor Anstellung der Versuche gegen Verdunstung geschützt, bei Seite stellte.

So lange man noch Reste der Blutkörperchen wahrnimmt, haben dieselben ein durchaus glattes, scharfbegrenztes Ansehen, sie erscheinen niemals krümmlig oder gerissen, und wenn wir sie quetschen, oder durch rasche kurze Stösse, die wir mit einer Nadel auf das

Digitized by Google

Deckglas ausüben, im Sehfeld schwimmen und auf einander stossen lassen, so finden wir an ihnen noch eine ähnliche Dehnbarkeit und Elasticität, wie an den intacten Blutkörperchen.

Wenn wir, alle weiter gehenden Schlüsse vermeidend, das zusammenfassen, was die mitgetheilten Versuche unmittelbar ergeben, so ist hervorzuheben, dass die Blutkörperchen beim Frieren für's Erste ihren Farbestoff, wenigstens zum grössten Theil, an das unveränderte Serum abgaben.

Dass sie sich dabei vollständig auflösen, oder aber als blasse, ungefärbte Klümpchen zurückbleiben von einer ähnlichen Consistenz, wie die unveränderten Blutkörperchen.

Dass diese Reste sich nachträglich bis zum völligen Verschwinden verkleinern können, dass sie aber oft auch, wenn sie an Grösse noch wenig eingebüsst haben, schon vollständig blass und ungefärbt erscheinen.

Es kann sich also der Farbestoff zugleich mit dem ganzen Substrat des Blutkörperchens auflösen, oder es bleibt ein grösserer oder geringerer Theil des letzteren im entfärbten Zustande zurück. Leider besitzen wir im letzteren Falle keinen Anhaltspunkt zu entscheiden, ob der Farbestoff etwa zuerst in das umgebende Serum gelange, weil er vorzüglich in den oberflächlichen Theilen der schichtweise zerstörten Blutkörperchen angehäuft ist, oder aber, ob er in Folge anderweitiger durch die Einwirkung der Kälte hervorgerufener Veränderungen jener Substanz, in welche er früher infiltrirt war, entlassen wird?

Später mitzutheilende Erfahrungen werden zeigen, dass die eben gestellten Fragen mit Grund aufgeworfen wurden.

Ich will nun die Veränderungen beschreiben, welche die Froschblutkörperchen beim Frieren erleiden.

Das Froschblut hat nach dem Frieren und Wiederaufthauen ein dem ebenso behandelten Säugethierblut ähnliches Ansehen. Es hellt sich aber niemals in dem Grade auf, wie das letztere, weil erstens die Kerne der Blutkörperchen stets wenig verändert zurückbleiben, und weil zweitens die Blutkörperchen selbst eine grössere Resistenz haben als die der Säugethiere.

Digitized by

Durch wiederholtes Frieren und Aufthauen bringt man auch hier die Veränderungen der Blutkörperchen successive vorwärts.

Auch hier finden wir, dass der grösste Theil des Farbestoffes der Blutkörperchen gleich anfänglich in das Serum übertritt.

Unter dem Mikroskop fallen vor Allem die Kerne der veränderten Blutkörperchen in die Augen.

Diese Kerne sind von einem blassen Hof umgeben, der die Gestalt des ursprünglichen Blutkörperchens besitzt, oder aber von einer kreisförmigen Contour eingefasst ist.

Dieser blasse Hof um den Kern, der Ueberrest des ursprünglichen Blutkörperchens, ist aber sehr häufig auch unregelmässig, jedoch immer von glatten Contouren begrenzt.

Die Gestalt des Blutkörperchens ist noch theilweise erhalten nur an einem Ende, wie eingedrückt, oder abgehackt, oder an mehreren Stellen wie durch scharfe Schnitte zugestutzt und darum eckig, oft sind diese Winkel ausgezogen und die in denselben zusammenlaufenden Contouren eingebogen.

Dabei sind sie wieder weich und dehnbar, mehr noch als im frischen Zustande.

Häufig findet man im Sehfelde zerstreut kernlose, runde oder eckige Formen vor, welche sich wie abgetrennte Theile jener Substanz ausnehmen, welche in der beschriebenen mannigfachen Weise noch mit dem Kerne zusammenhängt.

Mit dem Blute des Hechtes kam ich zu ganz ähnlichen Resultaten, wie mit dem Froschblute.

Eine besondere Erwähnung verdienen die Kerne der Blutkörperchen.

Sie verändern ihre Gestalt im Allgemeinen sehr wenig, merkwürdig ist aber das Auftreten grosser Vacuolen in denselben.

Frische Kerne zeigen, wie bekannt, ein granulirtes Ansehen.

Auch unter den Kernen des erfrorenen Blutes sieht man solche, welche ein den unveränderten Kernen ähnliches Ansehen darbieten, man überzeugt sich aber hier sehr leicht, dass die Punkte, welche man an den Kernen wahrnimmt, kleine, von der eigentlichen Kernsubstanz umgrenzte Lücken sind.

Digitized by Google

Einzelne dieser letzteren erweitern sich aber, während andere verschwinden; oft findet man dann nur eine ganz geringe Anzahl solcher zu Vacuolen erweiterter Lücken in der Substanz eines Kernes, oft ist die Hälfte dieses Kernes von einer einzigen solchen Vacuole eingenommen, während die andere Hälfte noch das fein gezeichnete Ansehen des frischen Kernes bewahrt. Sehr häufig findet man aber auch in einem Kerne eine einzige Vacuole, um welche die Substanz des Kernes in Form eines scharf begrenzten Ringes herumliegt. Die beigegebenen Abbildungen (Taf. I, Fig. A) werden das hier Beschriebene am besten verdeutlichen, und Jeder wird sich leicht von diesen auf eine ganz besondere Structur und weiche geschmeidige Beschaffenheit wenigstens der inneren Theile des Kernes hinweisenden Verhalten leicht überzeugen. Ein einigermassen solides Gebilde könnte doch unmöglich ein solches mannigfaltiges Verstreichen oder Grösserwerden von in seinem Innern vorhandenen Lücken darbieten.

Ich muss am Schlusse dieses Abschnittes noch einer Beobachtung am Menschen besonders erwähnen.

Es interessirte mich, nachdem ich die obigen Versuche angestellt hatte, einmal die Leiche eines erfrorenen Menschen zu sehen.

Ich ersuchte daher meinen Collegen Dr. Schott mir davon Nachricht zu geben, wenn ein solcher Fall zur Beobachtung käme.

Zufällig ereignete es sich, dass schon in den nächsten Tagen die Leiche eines in einem Keller erfrorenen Arbeiters zur sanitätspolizeilichen Obduction kam.

Ich erhielt Blut aus dem Herzen dieser Leiche. Dasselbe hatte keine wesentlichen Veränderungen erlitten, und ich verwendete es zu weiteren Versuchen.

Dagegen war in den Gefässen der Haut stellenweise lackfarbenähnlich durchsichtiges Blut enthalten, und die mikroskopische Untersuchung ergab an diesem Blute dieselben Veränderungen, wie wir sie an den in der Frostmischung erfrorenen Blutproben wahrnahmen. An diesen Stellen hatte aber die Haut ein eigenthümlich hellrothes Ansehen, welches daher rührte, dass aus den Gefässen das im Serum aufgelöste Blutroth in das umgebende Gewebe diffundirt war.

Digitized by Google

III.

Krystallbildung im Blute.

Ich hatte meine ersten Versuche über die Einwirkung hoher Kältegrade zufällig am Meerschweinchenblut gemacht und fand alsbald, dass ein Tropfen des durchsichtigen aufgethauten Blutes auf dem Objectträger zu einem dicken Brei der schönsten Hämatoglobulin-Krystalle gestand.

Ein neuer Weg für das Studium der Krystallbildung im Blute war mir damit eröffnet, und ich versäumte es nicht ihn zu betreten, da es mir schien, man habe auf die Krystallisation des Hämatoglobulin aus dem unveränderten Serum, nachdem man das Blut einer so einfachen Procedur unterworfen, wie die des Frierens und Wiederaufthauens ist, ein besonderes Gewicht zu legen.

Wir haben. wie gesagt, früher gesehen, dass der Blutfarbestoff im unveränderten Blutserum aufgelöst wird, wenn wir den Bestand des rothen Blutkörperchen durch Frieren des Blutes gefährden.

Die unveränderten Blutkörperchen halten denselben an sich. Die Art und Weise, wie dieses geschieht, kann freilich nicht näher angegeben werden, aber gewiss ist es, dass man sich nicht vorstellen darf, dass der Blutfarbestoff nur in Folge seiner Unlöslichkeit in den Serumsalzen in den Blutkörperchen zurückgehalten wird.

Man hat dies hie und da gethan, gestützt auf eine Angabe von Berzelius, dass der Blutfarbestoff in einigermassen concentrirten Lösungen von Salzen mit alkalischer Basis unlöslich ist.

Aber in unserem Versuch hat sich die Concentration des Serum nicht in der Weise geändert, dass man annehmen könnte, es sei vor dem Frieren bloss durch die Zusammensetzung des Serums eine Diffusion verhindert worden, die nach dem Frieren und Wiederaufthauen in so ausgedehntem Masse auftritt.

Es müssen vielmehr die Blutkörperchen, wie schon gesagt, im intacten Zustande den Farbestoff selbstthätig durch physikalisch-chemische Bedingungen, welche in denselben gelegen sind, an sich halten. Wir werden noch weitere Gründe für diese Ansicht kennen lernen.

Digitized by Google

Beschäftigen wir uns jetzt mit der Krystallisation jenes Blutkörperchenbestandtheiles, welcher mit der Farbe zugleich von demselben an das Serum übergeht.

Zu diesen Versuchen wurde das Blut vom Meerschweinchen, Eichhörnchen und Hund, Menschen-, Kaninchen- und Schweineblut, endlich das Froschblut verwendet. Durch die Reihenfolge der aufgezählten Species ist die Leichtigkeit, mit welcher die Krystallbildung im Blute erfolgt, dargestellt.

Immer wurde das Blut so lange der Procedur des Frierens und Wiederaufthauens unterworfen, bis es vollständig lackfarbenähnlich durchsichtig, oder doch die Blutkörperchen möglichst vollständig verändert (Frosch) waren.

Beim Meerschweinchen und Eichhörnchen genügt ein einmaliges Frieren und Wiederaufthauen, wenn das Erstere nur möglichst rasch vor sich geht.

Anfangs liess ich das Blut frieren, so wie es aus der Ader floss, später bediente ich mich aber ausschliesslich des defibrinirten Blutes.

Denn bei den zwei zuerst genannten Blutarten fällt der erste Anfang der Krystallbildung in eine Zeit, die nicht sehr weit hinter der Vollendung der im wieder aufgethauten Blut eintretenden Gerinnung liegt.

Lässt man den Blutkuchen sich bilden und die Krystallisation eintreten, so hält es schwer die Krystalle vom Coagulum zu trennen und andererseits lässt sich auch mit grösster Wahrscheinlichkeit behaupten, dass gerade das Festwerden und die folgende Contraction des Faserstoffes störend in die Ausbildung der Krystalle eingreifen würden.

Vergleichende Versuche haben die Richtigkeit dieser Voraussetzung dargethan.

Versucht man es aber in dem eben aufgethauten Blut den Faserstoff auszuschlagen, so ist damit wenig gewonnen, da man ja gerade wieder zu der Zeit, wo möglichste Ruhe das Heranwachsen der Krystalle befördern soll, die Flüssigkeit unter einander peitscht.

Man ist also, wenn man ausgebildete Krystalle in beträchtlicher

Digitized by Google

Menge erhalten will, selbstverständlich darauf angewiesen, sich des defibrinirten Blutes zu bedienen.

Die Methode für die Darstellung der Krystalle im Grossen allerdings mühsam, für die Darstellung grosser Krystalle und die Beobachtung des Ganges der Krystallbildung im Blute im hohen Grade zu empfehlen, ist also folgende:

In eine Frostmischung aus Schnee und Chlorcalcium wird eine Reihe von Platintigeln gestellt. In jedem derselben wird sodann eine geringe Menge frischen fibrinfreien Blutes gegossen, so dass dasselbe rasch in seiner ganzen Masse zusammenfriert.

Nachdem es etwa eine halbe Stunde in der Frostmischung gestanden hat, lässt man es langsam aufthauen, giesst den Inhalt je eines Tigels in ein entsprechendes Pulverglas, so dass der Boden des letzteren etwa von einer 15 Millim. hohen Blutschichte bedeckt ist und stellt ihn nun an einen kalten und gleichmässig temperirten Ort zum Krystallisiren hin.

Nach kurzer Zeit hat sich bereits ein dickes Sediment von grossen und wohl ausgebildeten Krystallen abgesetzt.

Diese Methode unterscheidet sich, wie man sieht, von den bisher in grösserem Maassstabe ausgeführten vor Allem dadurch, dass die Verdünnung des Blutes mit Wasser wegfällt.

Die krystallisirbare Substanz des Blutes krystallisirt sofort, wenn man die Blutkörperchen, an welche sie im amorphen Zustande gebunden ist, zu Grunde richtet. Das letztere, was man sonst durch Wasserzusatz erreichte, lässt sich ebenso auch durch den Act des Frierens bewerkstelligen.

Hier löst sich der Farbestoff im unveränderten Serum auf, und aus dem letzteren krystallisirt beim ruhigen Stehen das Hämatoglobulin.

Lehmann hat als förderlich für die Krystallbildung aus verdünntem Blut das abwechselnde Einleiten von Sauerstoff und Kohlensäure angegeben, eine Thatsache, welche ich anzuzweifeln keinen Grund habe.

Wir haben uns aber dieser Beihülfen entschlagen und ein gleichgünstiges Resultat erhalten, denn in der Frist von wenigen Viertel-

Digitized by Google

stunden hat sich ein so voluminöses Krystallsediment aus dem Blute abgeschieden, dass die Menge der darüber stehenden rothen Flüssigkeit kaum mehr beträgt, als das der verwendeten Blutmenge entsprechende Serum.

In Beziehung auf die Grösse und vollkommene Ausbildung der Krystalle ist aber das ruhige Stehen unserer Flüssigkeit gewiss förderlicher als die durch die treibenden Gasblasen herbeigeführten Erschütterungen.

Lehmann giebt ferner an, dass das Licht einen fördernden Einfluss auf die Bildung der Krystalle im verdünnten Blute habe.

Mit Rücksicht auf diese Angabe habe ich eine Reihe von Blutproben des Meerschweinchens im Lichte krystallisiren lassen, eine andere Reihe aber während derselben Zeit im Dunkeln gehalten.

Das Resultat war, dass sich in beiden Fällen die Krystalle in derselben Zeit und in derselben Menge ausschieden.

Sowie aus dem Blute des Meerschweinchens und Eichhörnchens wurden auch die Krystalle aus den übrigen Blutarten dargestellt. An die zwei genannten Blutarten reiht sich zunächst das Katzenblut, nur nimmt die Abscheidung des Krystallsedimentes hier viel mehr Zeit in Anspruch und ist das Letztere niemals so reichlich, wie in den früheren Fällen.

Dann folgt das Hundeblut. Die Abscheidung der Krystalle erfolgt hier wieder erst nach längerer Zeit und in anderer Weise:

Die Krystallisation geht von der Oberfläche aus. Zuerst an dem die Wandung der Gefässe berührenden Rande entsteht eine aus feinen Nadeln bestehende Ausscheidung, diese schreitet gegen die Mitte der Oberfläche allmälig vor, stellenweise bilden sich schwimmende Sterne verfilzter Nadeln, endlich bedeckt sich die ganze Flüssigkeit mit einer dicken Krystallhaut. Hebt man diese ab, so bildet sich eine neue und so fort. Das Hundeblut giesst man daher zum Zweck der Krystallisation am besten in flache Schalen aus, ein Verfahren, welches beim Meerschweinchen- und Eichhörnchenblut ganz und gar unnöthig ist.

Innerhalb 24 Stunden und etwas darüber kann man auf diese

Digitized by Google

Weise aus dem Hundeblut eine sehr beträchtliche Krystallausscheidung erhalten.

In keinem Vergleich mit den abgehandelten Blutarten steht die Langsamkeit, mit welcher die Krystallbildung in den nun zu erwähnenden Blutarten erfolgt. Am ehesten krystallisirt noch das Menschenblut.

Ich habe das Herzblut des schon erwähnten Erfrorenen, mein eigenes Blut, welches ich mir aus einer kleinen Hautvene entnahm und das Blut eines Pneumonikers, welches mir mein Bruder, Dr. Emil Rollett, nach einem von ihm auf Oppolzer's Klinik gemachten Aderlass zuschickte, zu diesen Versuchen verwendet.

Aus jedem erhielt ich Krystalle, aber erst nach mehrtägigem Stehen am kühlen Orte, nachdem sich das in dünner Schichte in ein Pulverglas ausgegossene Blut schon etwas eingedickt hatte, bildeten sich zerstreut in der Flüssigkeit, meist sehr grosse, schon mit blossen Augen erkennbare dunkelrothe, von rechteckigen Umrissen begrenzte Krystalle. Nimmt man zu dieser Zeit einen Tropfen des Blutes auf einen Objectträger, so findet man zwischen jenen grossen Krystallen zahlreiche kleinere, nur mit bewaffnetem Auge sichtbare und an den Rändern des mit einem Deckgläschen bedeckten Blutstropfen bilden sich, während er unter dem Mikroskope liegt, noch zahlreiche mit einander verwachsene nadelfördige Krystalle aus.

Aehnlich lange, wie die Krystallisation des Menschenblutes, lässt auch die im Kaninchenblut auf sich warten. Ich habe aber sehr schöne zu sternförmigen Gruppen geordnete Büschel wohl ausgebildeter Krystallnadeln erhalten.

Beim Schweine erhielt ich niemals Krystalle, an welchen ich die Form derselben auch nur annähernd erkennen konnte. Nach längerem Stehen fand ich eine staubförmige Trübung in der Flüssigkeit, welche nur durch ihre mattgraue Färbung zwischen gekreuzten Nicols der Vermuthung Raum schaffte, dass sie vielleicht demselben Processe ihr Entstehen verdanke, wie die krystallinischen Ausscheidungen des übrigen Blutes.

Beim Frosch erhielt ich niemals Krystalle trotz vielfach angestellter Versuche. Es gelang mir aber bei diesen Thieren auch nicht

Digitized by Google

nach der alten Methode durch Verdünnen des Blutes mit Wasser und darauf folgendes Abdunsten. Hier halte ich also dasselbe Schicksal, wie Kunde, der sich vergebens bemühte, aus Froschblut Krystalle zu erhalten. (Henle und Pfeufer, Zeitschrift für Medic. N. F., Bd. II, p. 272.)

So viel über den Krystallisationsvorgang bei den untersuchten Blutarten. Wir konnten die verschiedenen Blutarten im möglichst unveränderten Zustande (nur das Fibrin war ausgeschlagen) auf ihre Krystallisation untersuchen und sind bezüglich der Leichtigkeit, mit welcher das Blut verschiedener Thiere Krystalle absetzt, zu demselben Resultate gekommen, welches Funke, Kunke, Lehmann am gewässerten Blute auch erhalten haben.

Am einfachsten wäre es, die beobachteten Unterschiede, auf die von Lehmann angegebenen verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse der krystallisirenden Substanz verschiedener Blutarten zurückzuführen und im Allgemeinen stimmen die bezüglichen Angaben Lehmann's sehr gut damit überein.

Nach Lehmann sind die Blutkrystalle des Meerschweinchens im Wasser am schwersten löslich. Nur um ein Geringes löslicher sind die Blutkrystalle des Eichhörnchens.

Beide sind aber um Vieles schwerer löslich als die Krystalle aus Hunde- und Menschenblut.

Lehmann giebt für die Krystalle des Meerschweinchens 600 Th. Wasser, für die des Hundes 90 Th. Wasser an.

Allein Niemand, welcher die Natur der fraglichen Substanz kennt, wird den Bestimmungen der Löslichkeitsverhältnisse einen höheren Werth als den einer ungefähren Schätzung beilegen, und in unseren Versuchen krystallisirt jene Substanz nicht aus ihrer wässerigen Lösung, sondern aus einem sehr complicirten Lösungsgemenge, dem Blutserum.

Halten wir uns vorerst wieder nur an das am genauesten untersuchte Meerschweinchenblut, dann werden wir sehen, dass wir uns mit einer so einfachen Annahme, wie die eben ausgesprochene, nicht begnügen können.

A. Schmidt giebt im Nachtrag zu seiner Abhandlung über die

Digitized by Google

Blutgerinnung an, dass die aus gewässertem Meerschweinchenblut nach Lehmann's Methode abgeschiedenen Blutkrystalle sich im Wasser viel schwerer wieder auflösen als in Blutserum und Hydrocele-Flüssigkeit.

Er glaubt darauf hin annehmen zu dürfen, dass das Wässern des Blutes nicht bloss deswegen für die Darstellung der Blutkrystalle nothwendig ist, weil dadurch die endosmotischen Strömungen zwischen Blutzellen und Intercellularflüssigkeit verändert und ein massenhafter Uebertritt des Blutzelleninhaltes (?) in die letzteren herbeigeführt wird, sondern, dass zugleich das zugesetzte Wasser auch bei der Abscheidung des im Serum gelösten Hämatokrystallin eine Rolle spielt.

Die oben mitgetheilten Versuche über die Blutkrystallisation erlauben uns zunächst eine Kritik dieser Ansicht über die fällende Wirkung des Wassers.

Wir haben nach Auflösung des Farbestoffes im unveränderten Blutserum eine beträchtliche Ausscheidung von Krystallen erzielt.

Die über den Krystallen stehende Flüssigkeit ist roth gefärbt, enthält also präsumtiver Weise noch einen Theil der rothen krystallisirenden Substanz in Lösung.

Ich zweifle nicht, dass wie Schmidt angiebt, ein grösserer Theil des Sediments sich auflösen würde, wenn man es mit Hydrocele-Flüssigkeit oder mit Blutserum, als wenn man es mit reinem Wasser übergösse [1]). Dass man aber deswegen die krystallisirende Substanz aus ihren concentrirten Lösungen in Hydrocele-Flüssigkeit oder in Blutserum mittelst Wasser ausfällen könne, folgt daraus nicht.

Man braucht sich z. B. nur vorzustellen, dass die Schwerlöslichkeit der krystallisirenden Substanz beim Verdünnen in demselben oder kleinerem Verhältnisse wächst, wie die Gewichtsmenge der Lösung beim Zusatz des Wassers; dann wird man nicht mehr erwarten, dass die krystallisirende Substanz aus ihren concentrirten Lösungen in Hydrocele-Flüssigkeit oder Blutserum durch Wasserzusatz ausgeschieden wird.

Etwas Aehnliches kommt aber in der That vor, denn es ist mir

---

[1]) Mit Hydrocele-Flüssigkeit habe ich selbst solche Versuche angestellt, und die Angaben Schmidt's bestätigt gefunden.

Digitized by Google

niemals gelungen, aus dem roth gefärbten Serum, welches über dem nach der beschriebenen Methode erhaltenen Krystallsediment stehen blieb, durch Zusatz vom Wasser eine neue Krystallausscheidung zu erhalten, während doch eine solche jedesmal noch beim Eindunsten eines Tropfen von jenem rothen Blutserum auf dem Objectträger erfolgte.

Kehren wir nach dieser beiläufigen Bemerkung zu der Thatsache zurück, dass die Bestandtheile des Serums oder albuminöser Transsudate einen Einfluss auf die Löslichkeit der Blutkrystalle ausüben, bedenken wir ferner, wie schwer es ist, unsere Krystalle von der Mutterlauge zu trennen, so dass es bis jetzt nicht gelungen, sie rein zu erhalten, dann werden wir uns eben mit jener einfachen Annahme verschiedener Löslichkeitsverhältnisse nicht begnügen. wir werden auch nicht daran denken, die Verschiedenheit des Krystallisationsvorganges in verschiedenen Blutarten auf eine innere Verschiedenheit der krystallisirenden Substanz zurückzuführen, wir werden vielmehr mit grosser Wahrscheinlichkeit voraussetzen, dass nur nebensächliche Momente jene Verschiedenheit bedingen, und dass wir das Hämatoglobulin aus allen Blutarten mit denselben Eigenschaften erhalten würden, wenn es uns nur gelänge, es immer unter ganz denselben Bedingungen abzuscheiden.

Die Erscheinungen am Meerschweinchen- und Eichhörnchenblut weisen uns aber geradezu noch auf eine andere Reihe hier in Betracht kommender Verhältnisse hin.

Unmittelbar nach dem Aufthauen des gefrorenen Blutes erhalten wir eine durchsichtige rothe Flüssigkeit, mit den besten Vergrösserungsmitteln erkennen wir darin keine roth gefärbten Partikelchen mehr, und früher wurden noch weitere Belege für die stattgefundene Auflösung des Farbestoffes angeführt.

Wir können diese rothe Lösung in einem geschlossenen Glase sorgfältig vor weiterer Verdunstung bewahren, und dennoch scheidet sich beim Stehen am kühlen und gleichmässig temperirten Orte nach einiger Zeit ein reichliches Krystallsediment aus.

Die vorhandene Menge Serum hat also unmittelbar nach dem Wiederaufthauen eine viel grössere Menge des später im krystallisirten Zustande sich ausscheidenden Farbestoffes gelöst enthalten, als dies nach der Abscheidung der Krystalle der Fall ist.

Digitized by

Nur wenn die Krystalle sich zersetzen, lösen sie sich wieder in derselben Menge Serum auf, unter keiner anderen Bedingung.

Wir müssen uns also die Lösung der krystallisirbaren Substanz in der ersten Zeit nach dem Aufthauen nach Art einer übersättigten Lösung vorstellen, aus welcher sich die krystallisirende Substanz erst unter Bindung von Krystallwasser in Form von Tetraëdern, wie beim Meerschweinchen, oder in Form von hexagonalen Tafeln, wie beim Eichhörnchen, ausscheidet, denn zur Annahme einer tieferen chemischen Veränderung sind wir besonders in Hinblick auf F. Hoppe's [1]) Untersuchungen über das chemische und optische Verhalten des Blutroth in- und ausserhalb der Blutkörperchen nicht berechtigt.

Wenn wir uns aber, wie schon geschehen, erlaubt haben über einen amorphen Zustand des Bluthroth, in welchem es an die Blutkörperchen gebunden ist, zu sprechen, und ihn dem krystallinischen Zustand desselben, in welchem es sich nach der Veränderung oder Zerstörung der Blutkörperchen aus dem Serum ausscheidet, entgegenstellen, so stützen wir unsern Ausspruch nicht bloss auf die im gemeinen und polarisirten Lichte sichtbaren Erscheinungen, sondern den ganzen Hergang der Krystallbildung in's Auge fassend und uns auf analoge wohlbekannte Fälle berufend, auch auf chemische Gründe.

Die uns bis jetzt unbekannten Momente, welche den Uebergang der einen Modification in die andere befördern oder verzögern, kommen natürlich wieder bei der Beurtheilung der Krystallisation verschiedener Blutarten in Betracht.

Ich verhehle mir nicht, dass in den gegebenen Auseinandersetzungen höchstens die Ausgangspunkte gründlicher Untersuchungen festgestellt wurden; aber so viel ist gewiss, dass unsere Erfahrungen mehr dazu auffordern, zu untersuchen, warum sich die Blutkrystalle verschiedener Thiere in so verschiedener Weise, Quantität, und wie wir gleich sehen werden, auch in verschiedener Krystallgestalt aus dem Blute ausscheiden, als sie uns berechtigen, eine chemische Verschiedenheit der krystallisirenden Substanz verschiedener Blutarten *a priori* anzunehmen.

---

[1]) Virchow's Archiv, Bd. 23, 1862.

Digitized by Google

Das Letztere ist vielleicht eben so wenig gerechtfertigt, als die Annahme von nach der Thierspecies verschiedenen Sorten von Fibrin oder Albumin es wäre.

IV.
Krystallographisches und Optisches über die Blutkrystalle.

Bekanntlich glaubte man bisher, dass die aus dem Blut verschiedener Thiere erhaltenen Hämatoglobulin-Krystalle sehr verschiedenen Krysallsystemen angehören.

Für die Blutkrystalle des Pferdes, des Hundes, einiger Fische, insbesondere aber für die des Menschen hat es Funke (Zeitschr. f. r. Med. N. F. Bd. I, p. 188 und 190, Bd. II, p. 209) als das Wahrscheinlichste erklärt, dass sie in's rhombische System gehören, es stützt sich dabei unter Anderm auch auf sehr zahlreiche Winkelmessungen.

Für die Blutkrystalle des Meerschweinchens geben Kunde [1]) und nach ihm Lehmann [2]) als Krystallformen reguläre Tetraëder, Oktaëder, Rhombendodekaëder und andere Formen des regulären Systems an.

Die Blutkrystalle des Eichhörnchens sind nach Kunde hexagonale, sechsseitige Tafeln, die des Hamsters nach Lehmann Rhomboëder, also Formen des hexagonalen Systems.

Es ist sehr auffallend, dass die meisten der früheren Beobachter sich nicht des polarisirten Lichtes zur Untersuchung der Blutkrystalle bedienten. Bei Valentin [3]), welcher dies zuerst gethan zu haben scheint, finden wir nur in einer Tabelle, im Anhange zu einer nach Rammelsberg mitgetheilten Uebersicht, mikroskopischer Krystalle, auch die Hämatinkrystalle als doppelbrechend aufgeführt.

Valentin giebt nicht an, ob er nur eine bestimmte Sorte von Blutkrystallen oder mehrere derselben untersucht habe.

---

[1]) Zeitschrift für ration. Med. von Henle nnd Pfeufer, N. F. Bd. 2. p. 273.
[2]) Journal für praktische Chemie.
[3]) Untersuchung der Pflanzen- u. Thiergewebe im polar. Lichte. Leipz. 1861, p. 198.

Digitized by

Ich überzeugte mich zunächst an den Blutkrystallen vom Meerschweinchen, dass dieselben im ausgezeichneten Grade doppelbrechend sind. Sie erscheinen hell zwischen den gekreuzten Nicols eines Polarisationsmikroskopes.

Die bis dahin giltige Angabe, dass die Blutkrystalle des Meerschweinchens reguläre Tetraëder seien, zusammengehalten mit ihrer eiweissartigen Natur, legte die Vermuthung nahe, dass sie zwischen gekreuzten Nicols hell erscheinen, weil sie circularpolarisirende Eigenschaften besitzen.

Dann müssten aber ihre optischen Eigenschaften mit jenen übereinstimmen, welche Marbach [1]) an circularpolarisirenden Krystallen des regulären Systems beschrieben hat.

Das letztere ist nicht der Fall. Unsere Krystalle bleiben nicht in allen Azimuthen hell, wenn man sie zwischen gekreuzten Nicols dreht, sondern erscheinen abwechselnd hell und dunkel.

Diese Beobachtungen veranlassten mich, meinen Freund Dr. V. v. Lang, zu Rathe zu ziehen. Er hatte die Güte, nicht nur die Blutkrystalle des Meerschweinchens, sondern auch die übrigen von mir dargestellten Blutkrystalle zu untersuchen, und die schriftlichen Mittheilungen, welche er in deser Angelegenheit an mich gelangen liess, enthalten in der That eine Menge neuer und werthvoller Aufschlüsse über die krystallographischen und optischen Eigenschaften der Blutkrystalle.

Wir werden sehen, dass manche der früher angeführten und bisher giltigen Annahmen dadurch eine wesentliche Berichtigung erfahren.

Es folgen nun die *krystallographischen und optischen Mittheilungen* von Dr. v. Lang.

„Die nachfolgenden Zeilen enthalten eine übersichtliche Darstellung der krystallographischen und optischen Erscheinungen, welche wir an den von Ihnen dargestellten Blutkrystallen zu beobachten Gelegenheit hatten.

Meerschweinchen. Ich beginne mit den aus dem Blute vom Meerschweinchen erhaltenen Krystallen, welche scheinbar die Form regu-

---

[1]) Poggendorffs Annal. Bd. 91, p. 492, Bd. 94, p. 412 und Bd. 99, p. 496.

Digitized by Google

lärer Tetraëder zeigen. Dass aber dieselben unmöglich dem tesseralen Systeme angehören können, haben wir schon an den ersten von Ihnen dargestellten Krystallen gesehen, indem sie zwischen gekreuzten Nicol'schen Prismen gedreht, abwechselnd dunkel und hell wurden. Besonders gut war dies an einigen grösseren Krystallen zu beobachten, bei denen die obere Ecke sehr stark abgestumpft war, wie dies Fig. 1 zeigt. Die Abstumpfung der Ecken offenbar durch Flächen des verwendeten Tetraëders war überhaupt bei vielen Krystallen zu bemerken.

Nach dieser Beobachtung blieb nur noch die Wahl zwischen dem tetragonalen und dem rhombischen Systeme, da in den schiefwinkeligen Krystallsystemen derartige Tetraëder nicht selbstständig auftreten. Auch diese Frage war durch die mir von Ihnen später übergebenen neu dargestellten Krystalle leicht zu entscheiden.

An den Tetraëdern dieser Krystalle waren nämlich immer nur zwei gegenüberstehende Kanten gerade abgestumpft. Kam der Krystall gerade auf eine dieser Abstumpfungsflächen zu liegen, so sah derselbe scheinbar holoëdrisch aus, in dem man die hinteren Kanten durchsah, wie es Fig. 2 darstellt, wo die hinteren Kanten punktirt sind. Der Umstand, dass in allen Fällen nur zwei gegenüber liegende Kanten abgestumpft gefunden wurden, zeigt ebenfalls, dass die Krystalle unmöglich tesseral sein können. Gehörten die Krystalle in das tetragonale System, so könnten nach der in demselben herrschenden Symmetrie die beiden parallelen Abstumpfungsflächen nur ein zur Hauptachse senkrechtes Endflächenpaar sein. Da nun in diesem Systeme längs der Hauptachse das Licht nur einfach gebrochen wird, so müssten die untersuchten Krystalle durch die Endfläche zwischen gekreuzten Nicol's in allen Azimuthen dunkel bleiben. Dies fand aber nicht Statt, sondern alle untersuchten Krystalle werden in ihrer ganzen Ausdehnung (was insbesondere auch von dem inneren Viereck der Fig. 2 gilt) bei der Drehung abwechselnd dunkel und hell, und es geben die an der Fig. 2 gezogenen Striche die beobachteten Lagen der Hauptschnitte im Krystalle. — Man ist daher zur Annahme genöthigt, dass diese Krystalle in das rhombische System gehören,

Digitized by

mit welcher Annahme die beobachteten Erscheinungen sehr gut übereinstimmen.

Auch unter den zuletzt dargestellten Krystallen beobachtete ich an einem eine Fläche, welche dem verwendeten Tetraëder angehört; Fig. 3 giebt das Bild dieses Krystalles im Mikroskope, derselbe liegt auch einer Tetraëderfläche auf.

Ich habe es auch versucht, bei solchen Krystallen, die auf einer Tetraëderfläche zu liegen scheinen, die Winkel des dreiseitigen Umrisses zu messen, um dadurch auch etwas über die Achsenlängen zu erfahren; allein hiebei ist der Umstand sehr hinderlich, dass man kein Mittel hat, sich davon zu überzeugen, ob der Krystall wirklich mit der Fläche vollkommen aufliegt. Auch gewähren die Methoden ebene Krystallwinkel zu bestimmen, bei kleinen Winkeldifferenzen nicht den hinreichenden Grad der Genauigkeit. Die drei Winkel des Umrisses sind nämlich alle nahezu gleich 60° und daher die drei Achsenlängen der diesem Tetraëder entsprechenden Pyramide nur wenig von einander verschieden.

Wendet man bei der Beobachtung dieser Krystalle nur ein Nicol'sches Prisma vor oder hinter den Krystallen an, so sieht man, dass dieselben bei einer Umdrehung des Nicols um 360° zweimal etwas heller und zweimal etwas dunkler werden. Es geht daraus hervor, dass die Krystalle das Licht, je nachdem es parallel dem einen oder dem andern Hauptschnitte schwingt, mehr oder weniger absorbiren.

Fig. 4 giebt noch die Zeichnung der eben beschriebenen Krystalle in der gewöhnlichen Stellung der Hauptachsen; die Fläche des Tetraëders mit *o*, die beobachtete Endfläche mit *a* bezeichnet. —

Mensch. Ich komme zu den von Ihnen aus Menschenblut erhaltenen Krystallen, dieselben waren theils verlängerte Rechtecke, theils Rhomben, doch sah man auch 4seitige Prismen, die oben und unten durch eine Fläche begrenzt waren. Die Krystalle erwiesen sich in jeder Stellung als doppelbrechend; und zwar lagen bei den Rechtecken (Fig. 5) die optischen Hauptschnitte parallel den Kanten, bei den Rhomben (Fig. 6) dagegen waren sie parallel den Halbirungslinien der spitzen und stumpfen Winkel, soweit man dies mit dem

Digitized by Google

Auge beurtheilen konnte. Beiderlei Formen fanden sich oft knapp neben einander, wie dies Fig. 7 zeigt. Die Rhomben waren oft ganz wie Zwillingskrystalle (Fig. 8) an einander gelagert, und waren dann stets nach den Zwillingskanten verlängert.

Ich glaube nun, dass diese Krystalle ebenfalls dem rhombischen Systeme angehören, und ihre Form ein Prisma *(p)* ist, das durch zwei darauf stehende Endflächen *(b)* geschlossen ist, wie dies Fig. 9 in einer schiefen Projection zeigt. Die Krystalle entwickeln sich entweder vorzüglich nach einer Fläche des Prisma oder nach der Endfläche und kommen beim Daraufdrücken des Deckgläschens natürlich auf die am meisten entwickelten Flächen zu liegen. Die Rechtecke waren also Krystalle, bei denen eine Prismenfläche (*p*) sehr vorherrscht; die Längenseiten, welche im Mikroskope scharf begrenzt sind, entsprechen der Endfläche. Dagegen sollte man an der schmalen Seite die andere verkürzte Prismenfläche (p^1) etwas sehen, was aber nicht der Fall ist, wohl deshalb, weil die beiden Prismenflächen ($p\ p^1$) einen ziemlich stumpfen Winkel mit einander bilden und daher die Kante nicht sichtbar wird. Doch bemerkt man stets, dass die Krystalle an der schmalen Seite gegen das Ende immer lichter und daher dort auch immer dünner werden müssen. Es fanden sich aber auch Krystalle, die eine Linie nahe gegen ihre Mitte zeigten (Fig. 10), bei denen die beiden Prismenflächen gleichmässiger entwickelt waren, und die nicht mit einer Fläche auflagen, in welchem Falle die Beleuchtung für die fragliche Kante sich günstiger gestaltet.

Sind die Krystalle dagegen nach der Endfläche entwickelt, so erscheinen sie auf derselben liegend als Rhomben, welche übrigens auch sehr oft nach einer ihrer Kanten, welche den Prismenflächen entsprechen, verlängert sind.

Mit diesen Ansichten stimmen die beobachteten Lagen der optischen Hauptschnitte in beiden Fällen ganz gut überein, und es erklärt sich auch leicht die Aneinanderlagerung der Krystalle in Fig. 7.

Für die spitzen Winkel der Rhomben fand ich aus mehreren Messungen beiläufig 54° 1′. Die Achsenlängen des Prisma würden sich demzufolge verhalten, so wie

$$1 : 1{,}96 = 1 : 2 \,.\, 0{,}98.$$

Digitized by

Man sieht hieraus, dass wenn man die zweite Achsenlänge durch 2 dividirt, die beiden Achsen nahezu gleich lang werden, was mit den Krystallen aus dem Blute vom Meerschweinchen sehr gut übereinstimmt.

Auch die Krystalle aus Menschenblut sind pleochromatisch; d. h. sie zeigen nach der Krystallgestalt orientirte Absorptionserscheinungen welche hier sehr eclatant sind.

Betrachtet man nämlich die Rhomben nur mittelst eines Nicol, so findet man, dass die Schwingungen parallel der kürzeren Diagonale derselben dunkelroth, dagegen die parallel der längeren farblos sind. Besonders schön zeigt sich dies an den früher angeführten Zwillingen (Fig. 8), indem, wenn bei einer Stellung des Nicol der eine Krystall roth, der andere fast farblos ist.

Bei den Rechtecken sind die Schwingungen parallel der längeren Seite lichtroth, die parallel der kürzeren dunkelroth. Bei Krystallen jedoch, die wie Fig. 10 eine Kante in der Mitte zeigten, waren die Schwingungen parallel der längeren Seite vollkommen farblos, was mit den früher ausgesprochenen Ansichten und Erscheinungen sehr gut übereinstimmt, indem diese Schwingungen alsdann parallel der Makrodiagonale der Endfläche werden und daher auch, wie bei den Rhomben farblos sein müssen.

Hund. Die langen nadelförmigen Krystalle sind gebildet von einem 4seitigen Prisma, welches durch eine Endfläche begrenzt ist.

Betrachtet man die Krystalle durch eine Prismafläche, so sieht man, dass dieselben doppelbrechend und dichromatisch sind. Das durchgehende Licht, welches parallel der Längsrichtung des Prisma schwingt, ist dunkelrothbraun [1]), das senkrecht zu dieser Richtung farblos in's Bräunliche.

Kaninchen (nach Ihren Mittheilungen). Die mit einem Ende sternförmig (Fig. 10) an einander gewachsenen Krystalle scheinen in ihrer Form mit denen aus Menschenblut ganz übereinzustimmen und

---

[1]) Die Krystalle, auf welche sich die Farben beziehen, waren aus gasfreiem Blute dargestellt. Siehe das Folgende. Aus erfrorenem Blut dargestellte Krystalle, an Form den beschriebenen vollkommen gleich, erscheinen, wie die von anderen Thieren, roth.

Digitized by Google

zeigen auch ähnliche optische Verhältnisse. Betrachtet man dieselben nämlich von der einen Seite, so zeigen sie die Gestalt von Rechtecken (Fig. 2), deren Seiten die beiden optischen Hauptschnitte parallel sind; die Krystalle sind nämlich doppelbrechend und zwar sind die Lichtschwingungen parallel der längeren Seite blassroth, die senkrecht dazu dunkelroth gefärbt. Von der Seite angesehen, erscheinen jedoch die Krystalle als verlängerte Rhomben (Fig. 12), deren Winkel durch die optischen Hauptschnitte halbirt werden. Die Schwingungen, deren Richtung den spitzen Winkel halbirt, sind farblos in's Grünliche, die senkrecht daraufstehenden dagegen roth. Die Krystalle zeigen also ganz genau dasselbe Verhalten, wie die des Menschenblutes. Auch konnte man an einer Gruppe von Krystallen (Fig. 13), welche auf keiner der beiden Flächen auflagen, schon den Zusammenhang der Rechtecke und Rhomben wahrnehmen, wodurch auch die beim Menschenblut gegebene Ansicht über die Krystallform sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Eichhörnchen. 6seitige Tafeln, gebildet von einem 6seitigen Prisma und der Endfläche. Diese Krystalle gehören unzweifelhaft in's hexagonale System, da sie durch die Endfläche zwischen gekreuzten Nicols betrachtet, in allen Azimuthen dunkel bleiben. In Uebereinstimmung damit zeigten die Krystalle, durch eine Prismenfläche betrachtet, doppelbrechende Eigenschaften. Auch sind alsdann die beiden Strahlen nicht von gleicher Intensität. Es sind die Schwingungen parallel der optischen und krystallographischen Achse weniger absorbirt als die senkrecht darauf."

Katze. Die Krystalle aus Katzenblut konnte ich Hrn. Dr. Lang, der inzwischen nach England abgereist ist, nicht mehr zeigen.

Es kommen unter denselben Formen vor, welche sich so verhalten, wie die Krystalle aus dem Hundeblut, nur waren die Prismen nicht durch die Endfläche, sondern durch eine oder zwei schief aufgesetzte Abstumpfungsflächen geschlossen, und zwar ist dies die grösste Anzahl.

Andererseits fanden sich aber auch Formen, wie die aus Menschenblut dargestellten, die auch optisch mit den letzteren vollkommen übereinstimmten. Nur hatte der in der Makrodiagonale der Endfläche

Digitized by Google

schwingende Strahl hier einen Stich in's Grüne. Ferner wurden neben rhombischen Tafeln auch 6seitige Tafeln, gebildet aus einem rhombischen Prisma mit abgestumpften scharfen Kanten und aus der Endfläche beobachtet.

Es gehören also alle untersuchten Krystalle nur in zwei Systeme, in's rhombische und in das hexagonale.

Unsere Substanz [1]) wäre also, wenn die in's rhombische System gehörigen Krystalle nach den krystallographischen Gesetzen auf einander beziehbar sind, was wenigstens für die aus Meerschweinchen- und Menschenblut dargestellten Krystalle nach den angeführten Beobachtungen sehr wahrscheinlich ist, eine dimorphe.

Die bisher für regulär gehaltenen Krystalle des Meerschweinchenblutes sind die Hälften einer rhombischen Pyramide, rhombische Tetraëder oder sogenannte rhombische Sphenoide.

Die Krystalle aus Menschen-, Kaninchen-, Hunde- und Katzenblut sind rhombische Prismen und Combinationen.

Nur die Krystalle aus Eichhörnchenblut wurden als hexagonale, 6seitige Tafeln befunden.

Bei der grossen Uebereinstimmung, welche gerade zwischen dem Krystallisationsvorgange im Meerschweinchen- und Eichhörnchenblute herrscht, war das zuletzt angeführte Resultat sehr überraschend.

Wir haben uns aber auf das Sorgfältigste überzeugt, dass es so sich verhält.

Die 6seitigen Tafeln vom Eichhörnchen, auch wenn sie beträchtlich dick waren, so dass man an einen zu geringen Gangunterschied der durch die etwa vorhandene Doppelbrechung erzeugten Strahlen nicht mehr denken konnte, blieben zwischen gekreuzten Nicols in allen Azimuthen dunkel, während um vieles dünnere nadelförmige Krystalle aus anderen Blutarten oder um vieles dünnere Tafeln aus dem Katzenblut, noch sehr lebhaft zwischen gekreuzten Nicols leuchteten.

---

[1]) Die chemische Gleichartigkeit des Hämatoglobulin in den verschiedenen Blutarten vorausgesetzt.

Digitized by Google

Der Pleochroismus der Blutkrystalle stimmt mit der Annahme, man habe es hier mit wahrhaften Farbestoffkrystallen zu thun, sehr gut überein.

Und wir wären hiermit, abgesehen von den Gründen, welche wir schon früher geltend gemacht haben, auf anderem Wege zu demselben Resultat gelangt, wie Hoppe durch seine Untersuchung über den Blutfarbestoff (l. c.), dass es wahrscheinlich ein fruchtloses Bemühen ist, die Blutkrystalle farblos darstellen zu wollen.

Ein stricter Beweis für die chemisch-einfache Natur der Blutkrystalle kann aber aus ihrem Pleochroismus nicht hergeleitet werden, weil es bekannt ist, dass die Krystalle an sich farbloser Substanzen durch gefärbte fremdartige Beimengungen pleochromatisch werden können [1]).

V.

Veränderungen, welche das Blut durch die elektrische Entladung erleidet.

Durch kräftige Entladungsschläge wird das Blut dem äusseren Ansehen nach in derselben Weise verändert, wie durch das Frieren, d. h. es hellt sich auf und nimmt während des Elektrisirens eine

---

[1]) Grailich und Lang, Orientirung der optischen Elasticitätsachsen in den Krystallen des rhombischen Systems. Sitzungsberichte der k. Akademie, Bd. XXVII, 3, führen zahlreiche Beispiele für den Schwerspath an, der im wasserhellen Zustande der dichroskopischen Loupe nicht die geringsten Absorptionsunterschiede zeigte, während gefärbte Varietäten ausgezeichnet polychroitisch befunden wurden.

Sénarmont (Poggendorff's Annalen Bd. 91, S. 491) hat ferner Versuche über künstliche Erzeugung von Polychroismus in krystallisirten Substanzen angestellt, und es gelang ihm, salpetersauren Strontian mit dem Farbestoff des Campechenholzes zu färben. Die erhaltenen gefärbten Krystalle waren dichromatisch. Der Versuch gelingt sehr leicht, wie ich mich überzeugte.

Ich kann ferner hier anführen, dass die im Harnsediment ausgeschiedenen gefärbten Harnsäurekrystalle im geringen Grade dichromatisch sind. Die Harnsäure giebt zwar schon im ungefärbten Zustande zwei an Intensität sehr verschiedene Strahlen aber die verschiedenen Farbentöne der zwei Strahlen eines gefärbten Harnsäure-Krystalles kann man durch künstliche Abschwächung des helleren, wenn man z. B. unter dem Nicol'schen Prisma, über welchen der Krystall orientirt ist, ein zweites drehbar anbringt, niemals einander gleich machen.

Digitized by Google

lackfarbenähnliche Beschaffenheit an. Menschen-, Schweine-, Meerschweinchen- und Katzenblut wurde auf diese Weise untersucht.

Ich benützte zu den Versuchen eine kräftige Elektrisirmaschine, welche mir Hr. Prof. Ludwig für die Dauer der Versuche zur Verfügung stellte, wofür ich ihm meinen besten Dank auszusprechen habe.

Die Maschine ist in ihren inneren Einrichtungen der von Baron Ebner [1]) beschriebenen ähnlich, unterscheidet sich aber in ihrer äusseren Form sehr bedeutend von der genannten Maschine.

Ich kann nur anführen, dass sie zwei Glasscheiben von 310 Mm. Diam. und 10 Mm. Dick. besitzt, mit der Maschine in fester Verbindung steht eine Leydner Flasche, die mit dem Conductor zugleich geladen und wieder entladen werden kann.

Man konnte bequem $1^1/_2$ Zoll lange Funken von der Maschine erhalten.

In die Leitung, welche die mittelst eines gleichfalls an der Maschine angebrachten verschiebbaren Ausladers aus dem Conductor gezogene Elektricität auf ihrem Wege zum äusseren Beleg der Flasche und zur Erde zu passiren hatte, schaltete ich Glasröhrchen von 5 Millim. Durchmesser im Lichten und von einer Länge von 40 bis 50 Millim. Das untere Ende dieser Röhrchen war zugeschmolzen, das obere offen.

In das untere Ende wurde ein kurzes Stück Platindraht eingeschmolzen, welches eben noch in's Innere des Röhrchens vorsprang, am oberen offenen Ende wurde von der Seite her ein Stück Platindraht in die Wandung eingeschmolzen, so dass ein Stück desselben in's Innere des Röhrchens auslief, das übrige frei aus der Mündung herausragte.

Die äusseren Enden der Platindrähte wurden den Metallknöpfen, zwischen welchen das Röhrchen in verticaler Lage eingeschaltet werden konnte, bis zur Berührung nahe gebracht.

In das Röhrchen wurde nun mittelst eines fein ausgezogenen Glasröhrchens defibrinirtes Blut vorsichtig eingeführt, so dass zwischen

---

[1]) Siehe Berichte der Wiener Akademie Bd. 21, S. 94.

Digitized by Google

den inneren Enden der Platindräthen eine zusammenhängende Blutsäule eingeschlossen war.

Wurde nun die Maschine in Thätigkeit versetzt, so konnte man rasch hinter einander eine Reihe von Entladungsschlägen durch das Blut hindurchgehen lassen. Das Blut soll für alle diese Versuche möglichst frisch angewendet werden.

Der Gang der Erscheinungen ist folgender: Das Blut, welches Anfangs vollständig undurchsichtig das Röhrchen anfüllte, wird zuerst in der Nähe der Platinspitzen durchscheinend. Ist diese Veränderung, welche oft nach dem ersten, manchmal erst nach einigen Schlägen sich bemerkbar macht, einmal eingetreten, dann schreitet mit jedem neuen Schlage die Aufhellung von beiden Seiten gegen die Mitte der Blutsäule fort, und in kurzer Zeit ist die ganze Blutsäule in eine durchsichtige (Säugethiere) oder durchscheinende (Frosch) prächtig roth gefärbte Flüssigkeit verwandelt.

Während eines solchen Versuches kann man von Zeit zu Zeit einen Tropfen Blut, den man am besten mittelst eines geöhrten Platindrathes aus dem Röhrchen herauslangt, unter dem Mikroskop untersuchen.

Man findet die rothen Blutkörperchen in verschiedenen Stadien der Veränderung.

Beim Menschen und beim Schweine erscheinen in dem diffus roth gefärbten Serum verblasste Ueberreste der rothen Blutkörperchen, die sich bald nur wenig im Durchmesser von den unveränderten Blutkörperchen unterscheiden, bald bis zum Verschwinden klein geworden sind.

Je zahlreicher die Schläge waren, welche man durch das Blut hindurchschickte, desto mehr und mehr schwinden diese Blutkörperchenreste zusammen.

Am deutlichsten überzeugt man sich wieder von diesen Veränderungen, wenn man direct vergleicht, indem man zu einem Tropfen veränderten Blutes einen Tropfen von demselben aber nicht elektrisirten Blute treten lässt.

Beim Froschblute bringen Entladungsschläge sowohl an dem Blutkörperchen als an den Kernen ebenfalls ganz ähnliche Veränderungen hervor, wie sie früher in Folge des Frierens beobachtet wurden.

Digitized by Google

Man sieht hier dieselben mannigfachen Formen, wie dort, die früher beschriebenen kernlosen Klümpchen sieht man aber, meist in runder Tropfenform hier viel häufiger, als nach dem Frieren.

Alle diese Reste sind weich und zähe, man überzeugt sich davon, wenn man sie in einem Tropfen Blut, in welchem sie dicht gedrängt neben einander liegen, unter dem Mikroskop zufällig schwimmen sieht.

Sie ziehen sich aus, stossen auf einander und drücken sich ein.

Drückt man mit einer Nadel auf das Deckgläschen, so kann man solche Bewegungen in ausgedehntem Masse hervorrufen, dann sieht man oft von der ausgezogenen und leicht beweglichen Masse eines veränderten Blutkörperchens ein Stückchen abreissen.

Dieses zieht sich gewöhnlich auf ein rundliches Klümpchen zusammen und schwimmt dann neben den kernhaltigen Blutkörperchenresten in der Flüssigkeit.

Auch hier sah ich manchmal, dass der Kern aus der weichen Masse herausgerissen wurde, ohne dass diese letztere ihr rundliches glattes Aussehen dabei einbüsste.

Auch hier werden in den Kernen grosse Vacuolen sichtbar, während kleinere nebenbei verschwinden. Man sieht Bilder, welche sehr lebhaft an Gährungspilze mit ein oder mehreren grossen Vacuolen erinnern.

Die Erscheinungen, welche beim Elektrisiren des Meerschweinchenblutes eintreten, sind besonders zu erwähnen.

In diesem Blute, welches so schnell und leicht krystallisirt, wie wir früher sahen, bringt eben die bald nach der Entfärbung der Blutkörperchen eintretende Krystallisation einige Modifikation in den Gang der Erscheinungen.

Ich war Anfangs nicht gefasst auf eine so rasch nach dem Elektrisiren eintretende Ausscheidung der Krystalle, und als ich den ersten Versuch am Meerschweinchenblut anstellte, konnte ich mir nicht erklären, warum ich trotz wiederholter Entladungsschläge, unter deren Einfluss Menschen- oder Schweineblut sich längst aufgehellt hätten, die betreffende Blutprobe nicht klar bekommen konnte.

Digitized by Google

Das Mikroskop überzeugte mich aber bald, dass alles weitere Bemühen umsonst gewesen wäre.

Die Blutkörperchen hatten längst die bekannten Veränderungen erlitten, aber gleichzeitig hatte sich eine zahlreiche Menge kleiner Kryställchen von der gewöhnlichen Tetraëderform ausgeschieden, die jetzt an der Stelle der rothen Blutkörperchen das elektrisirte Blut undurchsichtig machten.

Ich hatte krystallisirtes Hämatoglobulin, so zu sagen mit dem Funken aus dem Blute herausgeschlagen.

Spätere Versuche zeigten mir, dass, wenn man vorsichtig zu Werke geht, man auch das Meerschweinchenblut klar bekommen kann, wenn man aber das durchsichtig gewordene Blut ruhig sich selbst überlässt, so trübt es sich sehr bald wieder, und man überzeugt sich, dass diese Trübung eben von der Krystallausscheidung herrührt. Auf dem Objectträger in dünner Schichte ausgebreitet, krystallisirt jeder Tropfen des elektrischen Blutes sofort unter den Augen des Beobachters.

Wenn man die Details solcher Versuche genau verfolgt, dann sieht man, dass die Ausscheidung der Krystalle oft auch sofort nach der Entfärbung der Blutkörperchen eintreten kann.

Sehr häufig findet man in einem Tropfen elektrisirten Blutes, neben den ihrer Hauptmasse nach vorhandenen, aber blassen und farblosen Blutkörperchen, die manchmal in diesem entfärbten Zustande sogar die wohlbekannte sternförmige Verschrumpfung erkennen lassen, eine ebenso grosse Menge kleiner dicht gedrängt liegender Krystalle.

Während also ein wesentlicher Theil der Blutkörperchen schon in das Serum entlassen und aus demselben krystallisirte, kann ein anderer Theil, welcher den Blutkörperchen hauptsächlich ihre Form und Consistenz verleiht, noch deutlich erkennbar in Form blasser Scheibchen im Serum vorhanden sein.

Dieser letztere ist es auch, welcher beim Verdünnen des Blutes mit Wasser und nach der Einwirkung mancher anderer Reagentien oft lange Zeit im aufgequollenen Zustande sich erhält. Zwischen den nach der alten Funke'schen Methode dargestellten Blutkrystallen hat man in der Regel Gelegenheit, diesen resistenteren Theil der Blut-

Digitized by Google

körperchen zu beobachten, wie es an vielen Stellen angegeben und von Funke in seinem Atlas auch abgebildet wird.

Elektrisirtes Katzenblut krystallisirt, in die Kälte gestellt, eben so wie das Meerschweinchenblut, aber erst nach längerer Zeit. Noch längere Zeit nimmt das menschliche Blut in Anspruch. Wir haben also in kräftigen Entladungsschlägen ein neues Mittel kennen gelernt, die Blutkörperchen zu zerlegen, die Beziehungen ihrer Bestandtheile unter einander und zum Serum zu verändern.

Ueber die Natur dieser Veränderungen, über die Art, wie die Elektricität auf die Blutkörperchen wirkt, ob nur der Entladungsschlag oder auch eine andere Form elektrischer Einwirkung das Blut zu verändern im Stande ist, ferner über die Schlüsse, welche wir auf die chemische Zusammensetzung, die Structur und andere Eigenthümlichkeiten der Blutkörperchen aus unseren Beobachtungen ziehen dürfen, über alles dieses werden wir uns erst aussprechen können, wenn wir in der Lage sein werden, durch die Anwendung eines Ruhmkorff-apparates die Gewalt der Schläge vollständig in die Hand zu bekommen, und wenn wir andererseits die Bedingungen im Blute selbst möglichst variirt haben werden.

Bis jetzt haben wir nichts als die in unserem Fundamentalversuch zum Vorschein kommende Thatsache für die Veröffentlichung reif befunden.

Nur das muss ich noch anführen, dass ganz frisches und defibrinirtes Blut beim Elektrisiren sich leichter verändert als älteres.

Die Veränderungen sind aber in frischem und schon ziemlich abgestandenem Blute durch nichts, als durch die Zeit ihres Eintrittes verschieden [1]).

---

[1]) Als ich an der Haut des früher erwähnten im heurigen Winter erfrorenen Arbeiters die merkwürdige fleckweise Röthe sah, kam mir das Bild einer vom Blitz getroffenen Person in Erinnerung, welche ich vor vielen Jahren zu sehen Gelegenheit hatte. An der Brust derselben bemerkte man eine umschriebene, unregelmässig strahlige Fortsätze nach verschiedenen Richtungen hin aussendende rothe Zeichnung.

Die Obducenten hielten dieselbe für eine jener Zeichnungen, über welche man so fabelhafte Gerüchte in Umlauf gebracht hat.

Gewiss ist, dass ich sie damals als eine Erscheinung betrachtete, welche von in dieser Hautpartie angehäuftem Blut (Blutroth) herrührte.

Digitized by Google

VI.

Gasfreies Blut.

Prof. Ludwig theilte mir während dieser Untersuchungen eine Reihe von Blutproben mit, welche in seinem Laboratorium zu pneumatischen Untersuchungen gedient hatten und mittelst des bekannten Ludwig'schen auf dem Princip der Torricelli'schen Leere beruhenden Apparates gasfrei gemacht worden waren.

Sie rührten sämmtlich vom Hunde her. Das Blut war dunkel kirschroth in dicken Schichten fast schwarz.

In dünnen Schichten ist es ähnlich lackfarbenartig, wie erfrornes und elektrisirtes Blut.

Es besitzt aber nicht denselben Grad von Transparenz. Unter dem Mikroskop sah man die Blutkörperchen ihrer Form nach erhalten, aber blass und farblos. Sie zeigen meist noch den napfförmigen Eindruck ihrer Grundflächen. In zahlreicher Menge sah man sternförmig verschrumpfte Formen. Der Farbestoff ist im ganzen Serum diffus verbreitet, und wenn man solches gasfreies Blut in eine flache Schale ausgiesst, so scheiden sich ganz in derselben Weise, wie aus erfrornem Blute die Blutkrystalle als feine verfilzte Nadeln auf der Oberfläche der Flüssigkeit aus.

Es hat also auch hier eine Abgabe des Farbestoffes (krystallisirende Substanz) an das Serum stattgefunden.

Lässt man gasfreies Blut frieren, so vermehrt sich seine Durchsichtigkeit in dünnen Schichten (in dicken bleibt es immer schwarz).

Kurz die Aehnlichkeit des eigenthümlich gezeichneten hellrothen stehenden Fleckes mit den Flecken auf der Haut des Erfrorenen und die bei dem letzteren als ursächliches Moment aufgefundene Diffusion des Blutroth führten mich dazu, zu untersuchen, ob das Blut an und für sich durch den Entladungsschlag vielleicht eine ähnliche Veränderung erleide, wie durch das Frieren oder nicht.

Das Resultat war das oben mitgetheilte.

Ob nun die beobachtete Erscheinung wirklich ein physiologisches Erklärungsmoment abzugeben vermag, für die nach Reitlinger mit den positiven Lichtenberg'schen Figuren übereinstimmenden, stehenden, rothen Zeichnungen auf dem Körper vom Blitz getroffener, das müssen wir späteren Untersuchungen vorkommender Fälle ganz ohne Anticipation überlassen.

Digitized by Google

Unter dem Mikroskop sieht man aber, dass die entfärbten Blutscheibchen des gasfreien Blutes durch das Frieren ebenso successive zerstört werden, wie die frischen. Hier ist also die Abgabe des Farbestoffes und die Auflösung des eigentlichen Stroma wieder in zwei Momente auseinandergelegt. In den früher angegebenen Versuchen waren beide entweder ganz oder theilweise zusammengefallen.

Stellen wir nun kurz einige Resultate zusammen:

1. Müssen wir uns jenen anschliessen, welche die Gültigkeit des Schleiden-Schwann'schen Zellenschema's für die rothen Blutkörperchen bekämpfen.

2. Die rothen Blutkörperchen bestehen ihrer Hauptmasse nach aus einer weichen elastisch dehnbaren Substanz.

3. Man kann an derselben wenigstens zwei Bestandtheile unterscheiden, die krystallisirende Substanz (Hämatoglobulin) und ein eigentliches Stroma.

4. Beide sind auf eine uns nicht näher bekannte Weise aneinander gehalten.

5. Durch äussere Einflüsse können sie von einander getrennt werden.

6. Zu diesen trennenden Einflüssen gehören neben bekannten chemischen auch hohe Kältegrade (Frieren), der Entladungsschlag, Auspumpen der Blutgase (nach Ludwig's Methode).

7. Nach der Trennung lösen sich entweder beide im unveränderten Blutserum auf oder aber es bleibt ein Theil des Stroma's ungelöst.

8. Das Hämatoglobulin krystallisirt, so viel bis jetzt bekannt ist, in zwei Systemen, im rhombischen und hexagonalen. (v. Lang.)

9. Die Krystalle sind pleochromatisch. (v. Lang.)

10. Die Krystallbildung erfolgt in grösserem Massstabe, nicht nur nach dem Verdünnen des Blutes mit Wasser, man kann reichliche Krystallbildung auch aus unverändertem Blutserum beobachten, wenn man den Bestand der Blutkörperchen durch sehr verschiedenartige Einflüsse (Frieren, Elektrisiren etc.) gefährdet.

Digitized by Google

IV.

Ueber den Einfluss des Vagus auf die Häufigkeit der Athemzüge.

Von

Jac. Moleschott.

Während des Sommers 1861 habe ich im Verein mit Hrn. Dr. Fudakowski, und von den Herren Bleuler, Ruete (Sohn) und Schlatter unterstützt, eine Reihe von Versuchen angestellt, um die Angaben von Aubert und von Tschischwitz „über den Stillstand des Zwerchfells durch Reizung des *Nervus vagus* in Contraction und in Erschlaffung“ [1]) zu prüfen. Veranlassung hierzu war uns die Verschiedenheit der Aussagen, welche vor und nach Aubert über den fraglichen Einfluss des Vagus auf die Zustände des Zwerchfells gemacht worden sind. Die Untersuchung von Aubert und von Tschischwitz hatte ergeben, dass sehr schwache inducirte Ströme auf den Vagus angewandt keine beständige Veränderung hervorrufen, sondern bald eine Beschleunigung, bald eine Verlangsamung des Athmungsrhythmus bewirken oder auch gar keine Reaction veranlassen; dass stärkere Ströme einen Stillstand des Zwerchfells in Inspiration oder in Contraction,

---

[1]) Vgl. diese Zeitschrift, Band III. S. 272 und folg.

Digitized by

sehr starke Ströme dagegen einen Stillstand in Exspiration oder in Erschlaffung herbeiführen [1]).

Wir hatten die Angaben der Breslauer Forscher in ihren Hauptpunkten bereits bestätigt, als uns Rosenthal's Versuche bekannt wurden, welche nicht nur ihrerseits die Aussage Aubert's über den durch sehr starke Ströme bewirkten Stillstand des Zwerchfells in Erschlaffung bekräftigen, sondern noch die willkommene Localisation jenes Einflusses hinzufügen, indem sie nämlich zeigen, dass es die Reizung des *Laryngeus superior* ist, welche den Stillstand des Zwerchfells in der Exspirationsstellung bedingt [2]). Damit war der Hauptpunkt, der in Aubert's Arbeit neu war und später beziehungsweise streitig wurde, nicht bloss erhärtet, sondern überdies genauer umschrieben, und da ich ebenso wie Schiff [3]) die Angabe Rosenthal's in Betreff der Erschlaffung des Zwerchfells durch Reizung des *Laryngeus superior* bestätigt gefunden habe, so schien mir eine Zeit lang die Mittheilung dessen, was ich mit Fudakowski gesehen hatte, überflüssig. Ich habe aber seitdem mit meinen hiesigen Assistenten Dr. Peyrani und Dr. Moriggia und mit Hrn. Dr. Piso-Borme, jetzt Professor der Physiologie an der Universität zu Cagliari, zu anderen Zwecken eine Reihe von Reizungen des centralen Vagus-Endes und des unversehrten Vagus vorgenommen, bei denen sich eine nicht ganz unwichtige Erweiterung in der Kenntniss der betreffenden Verhältnisse ergeben hat. Ich erlaube mir darüber in Folgendem zu berichten.

Wir haben das centrale Ende des unten am Halse durchschnittenen Vagus gereizt. Behufs der Zuleitung der inducirten Ströme, die mit dem Schlittenapparat gewonnen wurden, dienten entweder meine Elektrodenplättchen, oder aber zwei durch Luft isolirte Kupferdrähte, die der Art über dem Halse der Kaninchen schwebten, dass sie je nach Bedürfniss dem Thiere oder einander genähert werden konn-

---

[1]) Aubert und von Tschischwitz, a. a. O. S. 278.

[2]) Vgl. Rosenthal, die Athembewegungen in ihrer Beziehung zum *Nervus vagus*, Berlin 1862.

[3]) Schiff, diese Zeitschrift, Bd. VIII, S. 312 u. folg.

Digitized by Google

ten. Dies wurde dadurch erreicht, dass zu beiden Seiten des Halses je zwei Quecksilbernäpfchen standen, von welchen jedes durch ein mittelst Kork in demselben befestigtes Glasröhrchen das Ende Eines Drahtes aufnahm. Durch Verschiebung der Quecksilbernäpfchen und Verbiegung der Drähte lässt sich diesen leicht jede für den besondern Fall erwünschte Lage ertheilen. Das eine Paar der Quecksilbernäpfchen nahm überdies die Drahtenden der secundären Rolle auf.

Um die Bewegungen des Zwerchfells auf einfache Weise und ohne Oeffnung der Bauch- oder Brusthöhle zu beobachten, haben wir nach Schiff's Vorgang eine Nadel in die Brustwand eingebohrt und zwar in einen der unteren Zwischenrippenräume auf der rechten Seite, weil es dann leichter war die Bewegungen einer zugleich in das Herz eingebohrten Nadel zu verfolgen, ohne durch die Schwankungen der zweiten Nadel beirrt zu werden. Durch wiederholte Controlbeobachtungen an Kaninchen, denen zu diesem Zweck der Bauch geöffnet worden, erkannten wir, dass, wenn das Zwerchfell in der Einathmungsstellung stillstand, wobei der Leberrand deutlich nach der Nabelgegend vorrückte, der Kopf der Nadel sich gegen den Kopf des auf dem Rücken liegenden Thieres neigte; stand dagegen das Zwerchfell in der Ausathmungsstellung still, dann war der Kopf der Nadel nach dem Bauche des Thieres geneigt.

Je nach der Stärke der Ströme, die auf das centrale, durch Luft oder Glas isolirte Vagus-Ende wirken, und zum Theil je nach der Oertlichkeit, auf welche der Reiz angewandt ward, kann man vier verschiedene Erfolge beobachten: 1) vermehrte Häufigkeit der Athemzüge, 2) verminderte Häufigkeit derselben, 3) Stillstand des Zwerchfells im zusammengezogenen Zustande, 4) Stillstand des Zwerchfells in Erschlaffung.

Was nun die Stärke der Ströme anbelangt, so ist zu erwähnen, dass um die hier in Rede stehenden Erfolge zu erzielen, viel geringere Unterschiede der Stromstärke erfordert werden, als nach den Untersuchungen von Schiff und von mir bei der Erregung der Herznerven nöthig sind, um entweder vermehrte oder verminderte Häufigkeit des Herzschlags oder Stillstand des Herzens in der Diastole hervorzubringen. Die schwächsten Ströme, die zu den hier zu beschrei-

Digitized by

benden Versuchen erfordert werden, sind immerhin schon von der Ordnung, dass sie die Pulszahl auf die Hälfte und mehr herabdrücken, wenn man sie durch den unversehrten Vagus schickt.

Diese Ströme machen die Athemzüge häufiger. Ich theile als ein Beispiel aus unseren vielfach wiederholten Versuchen folgende Zahlenreihe mit. Sie bezieht sich auf ein Kaninchen, bei welchem das centrale Ende des linken Vagus auf den Elektroden lag; der Schlittenapparat war mit einem Grove'schen Elemente bespannt; die Reizung dauerte jedesmal eine oder mehre ganze Minuten.

Minute	Zustand des Nerven.	Rollenabstand am Schlitten-apparat.	Zahl der Athem-züge in der Minute.
1	Ruhe		18
2	„		18½
3	Reizung	+ 5 C. M. [1])	25
4	Ruhe		24
5	„		26½
6	„		28
7	Reizung	+ 5 „	31½
8	„	„ „	33
9	Ruhe		29½
10	„		29½
11	Reizung	+ 10 „	34
12	„	„ „	34
13	Ruhe		31
14	„		31
15	Reizung	+ 3 „	34
16	Ruhe		31
17	Reizung	0	34½
18	Ruhe		32½
19	„		32
20	Reizung	— 4 C. M.	39
21	Ruhe		32½
22	Reizung	— 8½ C. M.	41½
23	Ruhe		34
24	„		31.

[1]) Wegen der Zeichensprache vgl. meine Abhandlung in Bd. VII dieser Zeitschrift S. 406.

Digitized by Google

Wie man sieht, hat jede Reizung die Häufigkeit der Athemzüge vermehrt. Und wenn in den spätern Minuten der Ruhe eine bedeutend höhere Frequenz beobachtet wird, als im Anfang, so ist dies offenbar gleichfalls als eine Folge der Reizung aufzufassen, die in der 4. bis 6. Minute eine deutliche Nachwirkung zurückliess. In jeder späteren Reizungsperiode zeigt sich dennoch ein stossweises Heben, in jeder folgenden Ruhezeit ein stossweises Sinken der Athmungsfrequenz. Das Maximum der bei der Reizung beobachteten Häufigkeit übertrifft das Maximum in der Ruhe um $7^1/_2$ Athemzüge, d. h. um etwa $^1/_4$ der vorher bestehenden Häufigkeit.

Die mitgetheilte Beobachtungsreihe zeichnet sich dadurch aus, dass eine verhältnissmässig starke Reizung, eine solche, welche gewöhnlich schon hinreicht, um das Zwerchfell auf viele Secunden in der Inspirationsstellung festzuhalten, immer noch die Zahl der Athemzüge in der Zeiteinheit vermehrte. Indess die Empfänglichkeit ist bei verschiedenen Individuen, wie das schon Aubert und von Tschischwitz gefunden haben, und wie es auch meine Versuche an den Herznerven lehren, ausserordentlich verschieden, so dass man, um verschiedene Erfolge als Function der Stromstärke aufzufassen, nur die an einem und demselben Thier gewonnenen Zahlen mit einander vergleichen kann.

Thut man dies, dann findet man, dass bei empfindlicheren Thieren eine minder starke Reizung den Athmungsrhythmus beschleunigt, während eine stärkere ihn verlangsamt und eine noch stärkere Stillstand des Zwerchfells in der Inspirationsstellung hervorruft. Die folgende Zahlenreihe liefert ein Beispiel hierfür. Der Schlittenapparat wurde durch ein Daniell'sches Element in Bewegung gesetzt und die Ströme durch das centrale Ende des tief unten am Halse durchschnittenen linken Vagus geschickt.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Athemzüge.
1	Ruhe		210
2	Reizung	+ 8 C. M.	227
3	Ruhe		210
4	„		210

Digitized by

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Athemzüge.
5	Reizung	+ 1 C. M.	94
6	Ruhe		210
7	„		233
8	Reizung	— 1 „	190
9	Ruhe		215
10	„		218
11	Reizung	— 5 „	96
12	Ruhe		203
13	„		228
14	Reizung	— 7 „	110
15	Ruhe		163
16	„		199;

hierauf wurde der Schlittenapparat mit zwei Grove'schen Elementen bespannt, die Rollen ganz über einander geschoben und als dann gereizt ward, stand das Zwerchfell erst mehre Secunden in der Inspiration und darauf noch einige Secunden in der Exspiration still.

Es kommt vor, dass eine schon ziemlich starke Reizung des centralen Vagusendes die Respirationsfrequenz erst mässig vermehrt, dass darauf eine stärkere Reizung eine grössere Beschleunigung bewirkt, und dass dann diese bei längerer Dauer der letzten Reizanwendung plötzlich in Verlangsamung umschlägt. Auch hiervon mag ein Beispiel verzeichnet werden. Das erregende Element war ein Grove'scher Becher.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Athemzüge.
1	Ruhe		18
2	Reizung	0	27
3	„	„	31
4	Ruhe		25
5	„		24
6	Reizung	— $8^1/_2$ C. M.	36
7	„	„	47
8	„	„	55
9	„	„	48
10	„	„	38
11	„	„	10!
12	Ruhe		24
13	„		28.

Digitized by Google

Auch diese Form des Ergebnisses lehrt, dass wenn von zwei ungleich starken Reizungen die eine vermehrte, die andere verminderte Häufigkeit der Athembewegungen bedingt, der letztgenannte Fall der verstärkten oder ermüdenden Reizung entspricht.

Fängt man mit einer Reizung an, welche so stark ist, dass sie die Athemfrequenz herabdrückt, dann kann man in der Regel durch eine mässige Vergrösserung des Rollenabstandes umgekehrt den Athmungsrhythmus beschleunigen.

Die Vermehrung der Frequenz lässt sich auch hervorrufen, wenn man beide herumschweifende Nerven unten am Halse durchschnitten hat und nun mit passender Stromstärke das centrale Ende des einen reizt. Der centrale Stumpf des linken Vagus lag in dem nachfolgenden Beispiel durch Luft isolirt auf den Elektroden. Ein Grove'sches Element bewegte den Schlittenapparat.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Athemzüge.
1	Ruhe		19
2	Reizung	0	25
3	„	„	27
4	Ruhe		19
5	„		20
6	„		18
7	Reizung	— $8^1/_2$	25
8	„	„	28
9	Ruhe		19
10	„		19
11	Reizung	„	31
12	„	„	28
13	Ruhe		19
14	„		19
15	„		20.

Ebenso kann man mit richtig gewählter Stromstärke, während beide Vagi unversehrt sind, durch Reizung des einen, vermehrte oder verminderte Respirationsfrequenz hervorrufen; in diesem Fall ist die Häufigkeit des Herzschlags auf die Hälfte oder weniger herabgesunken, während umgekehrt die starke Reizung des centralen Vagusendes die

Digitized by Google

Häufigkeit des Pulses erhöht [1]). Auf diese Discongruenz zwischen Puls- und Athmungshäufigkeit, die ich mit Moriggia weiter verfolgt habe, werden wir in einer besonderen Abhandlung zurückkommen, und ich begnüge mich hier mit der vorläufigen Angabe, dass auch, abgesehen von dem schwankenden Erfolg, den die Durchschneidung beider Vagi in der Pulsfrequenz hervorruft [2]), durch das physiologische Experiment leicht nachgewiesen werden kann, wie durchaus kein Grund vorliegt, um von vornherein gleichsinnige Veränderungen in der Häufigkeit des Pulses und der der Athemzüge anzunehmen.

Im Allgemeinen ist es leichter, den Athmungsrhythmus durch die Anwendung ziemlich starker Ströme zu beschleunigen, als ihn durch noch stärkere zu verlangsamen und dennoch regelmässig im Gange zu erhalten. Der Grund davon ist, dass von der Stromstärke, welche die Athmungsfrequenz herabsetzt, nur ein kleiner Schritt ist bis zu derjenigen, welche einen Stillstand des Zwerchfells in der Inspiration veranlasst, der mehre Secunden andauert.

Wenn man den Schlittenapparat mit einem Grove'schen Elemente bespannt, die beiden Rollen ganz über einander schiebt (Rollenabstand — $8^1/_2$ C. M.) und das centrale Ende eines noch nicht mit elektrischen Reizen angegriffenen Vagus sogleich mit diesen starken Wechselströmen behandelt, dann erhält man in der Regel den von Traube entdeckten Stillstand des Zwerchfells im contrahirten Zustande. Hat man mit minder starken, aber immerhin schon ziemlich starken Strömen angefangen, dann beobachtet man als Erfolg der minder starken Reizung beschleunigte Athembewegungen, noch stärkere Reizung vermindert die Frequenz, und es bedarf einer weiteren Steigerung des Angriffs, um das Zwerchfell im contrahirten Zustande aufzuhalten (s. oben S. 63, 64). Wie oben bemerkt wurde, entging uns öfters die mittlere Reizstufe, der die verminderte Häufigkeit der Athembewegungen entspricht; wo wir aber an demselben Thiere durch verschieden starke Reize häufigeres, seltneres Athmen und Stillstand erzielten, wurde das seltnere Athmen durch die mittlere Stromstärke hervorgebracht.

---

[1]) Vgl. die nächstfolgende Abhandlung von Moleschott und Peyrani im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift.

[2]) Vgl. meine Abhandlnng im VIII. Bande dieser Zeitschrift, S. 615, 616.

Digitized by Google

Die Angabe von Aubert und von Tschischwitz, wonach der Stillstand des Zwerchfells in der Inspirationsstellung die Reizung überdauert, wenn letztere nach einigen Secunden unterbrochen wird [1]), habe ich mit Fudakowski sehr oft bestätigt gefunden. Darauf folgen nicht selten einige beschleunigte Athembewegungen. Setzt man die Reizung eine ganze Minute lang fort, wie wir das in Zürich und hier in Turin, um gleichzeitig die Pulsfrequenz zu beobachten, mehrfach gethan haben, dann beobachtet man nach einem Stillstand, der eine sehr verschiedene Dauer haben kann, nicht selten ein sehr frequentes Athmen, das sich nach dem Aufhören des Reizes wieder beruhigt. Ein Beispiel mag dies veranschaulichen.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Dauer der Zwerchfellscontraction.	Zahl der Athemzüge.
1	Ruhe			40½
2	Reizung	— 5 C. M.	20 Sec. nachher	64
3	Ruhe			33
4	„			59
5	Reizung	„	26 „ „	50
6	Ruhe			43
7	Reizung	„	24 „ „	68
8	Ruhe			54.

Dies ist aber nicht etwa eine constante Folge, ziemlich häufig beginnt das Athmen nach dem Stillstand mit Bewegungen, die seltner auf einander folgen, als vor der Reizung. Etwa ebenso häufig haben wir einen Stillstand in der Inspirationsstellung beobachtet, der beinahe die ganze Minute ausfüllte, und einmal als wir die Reizung auch während der zweiten Minute andauern liessen, ist uns ein Stillstand vorgekommen, der — immer in der Inspirationsstellung — sich eine Minute und 50 Secunden (sage beinahe 2 Minuten!) behauptete; dies geschah bei ganz über einander geschobenen Rollen unter Benutzung Eines Grove'schen Elementes.

Ganz übereinstimmend mit Aubert und von Tschischwitz beobachteten wir, dass die Stromstärke, welche Stillstand des Zwerchfells im contrahirten Zustande hervorbringt, selbst bei demselben Thiere und

[1]) Diese Zeitschrift, Bd. III, S. 288.

Digitized by Google

mehr noch bei verschiedenen Thieren in verhältnissmässig weiten Grenzen schwanken kann. „Sehr gross“ — sagen Aubert und von Tschischwitz — „sind die Differenzen für verschiedene Individuen“ [1]).

Ferner haben die genannten Forscher zuerst den Grund aufgedeckt, warum von verschiedenen guten Beobachtern die Einen bei starker Reizung des centralen Vagusstumpfes Stillstand in der Inspiration, die Anderen in der Exspiration gesehen haben. Um nämlich das Zwerchfell in die Exspirationsstellung festzubannen, ist eine noch stärkere Reizung nöthig, als um es im contrahirten Zustande festzuhalten. Aubert und von Tschischwitz haben durch diesen Fund ein schönes Beispiel kennen gelehrt, in welchem die Erschöpfung eines Muskels auf reflectorischem Wege eingeleitet wird.

Rosenthal hat indess unsre Kenntniss von dieser merkwürdigen Thatsache wesentlich gefördert, indem er nachwies, dass es sich bei jenen ganz starken Reizungen um eine Einwirkung auf den *Nervus laryngeus superior* handelt. Bevor wir diese Entdeckung Rosenthal's kannten, haben wir oft Mühe gehabt, den Stillstand des Zwerchfells in Erschlaffung zu erzielen. So oft wir diese Erscheinung beobachteten, war sie, wie Aubert und von Tschischwitz ganz richtig angegeben, immer die Folge von einer Reizung mit Wechselströmen, welche noch stärker waren als die, welche den Stillstand in der Inspirationsstellung bewirkt hatten, oder aber — und dies haben wir sehr häufig gesehen — dieselbe Reizstärke, welche zunächst das Zwerchfell in der Contraction beharren liess, machte es, nachdem sie länger gedauert hatte, in eine mehre Secunden anhaltende Erschlaffung übergehen. So sahen wir z. B. unter Anwendung von 2 Grove'schen Elementen und bei ganz über einander geschobenen Rollen erst einen Stillstand in der Inspiration von 13 Secunden und gleich darnach bei fortdauernder Reizung ein 10 Secunden langes Beharren in der Exspirationsstellung; ein andermal dauerte die Inspiration 8 und die darauf folgende Exspiration 9 Secunden.

So lange wir die von Rosenthal angewiesene Localisation des Einflusses, welcher die Erschlaffung des Zwerchfells herbeiführt, nicht

---

[1]) A. a. O. S. 288.

Digitized by Google

kannten, haben wir oft — ich möchte sagen — zu donnernden Strömen greifen müssen, um das Zwerchfell in Erschlaffung aufzuhalten; ein Beispiel mag hiervon verzeichnet werden, um die Richtigkeit der Aussagen von Aubert und von Tschischwitz zu belegen.

Nummer des Versuchs.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Art des Stillstandes.	Dauer des Stillstandes.
1	1 Grove	—2 C. M.	Inspiration	17 Secunden
2	„	—4 „	„	?
3	„	—8½ „	erst Inspiration dann Exspiration	3 Secunden ?
4	3 „ zu Einem Element verbunden	„	Exspiration	13 Secunden
5	„	„	„	9 „
6	„	„	„	9 „

Je weiter vom *Laryngeus superior* entfernt die Elektroden angelegt werden, um desto stärkere Ströme muss man anwenden, damit das Zwerchfell erschlafft stille stehe, und es sind uns, ehe Rosenthal unser Augenmerk auf jenen Vagusast gelenkt hatte, Thiere vorgekommen, bei denen wir es gar nicht dahin brachten, die Wechselströme bis zu dem gewünschten Ziel zu steigern.

Dies kann jetzt nicht mehr misslingen. Will man das Zwerchfell im Erschlaffungszustande erhalten, dann genügt es die Elektroden dem *Laryngeus superior* zu nähern, um auch ohne die Anwendung übermässig starker Ströme seinen Zweck zu erreichen. Ich habe den Versuch wiederholt so angestellt, dass ein schmales nur mit einem Platindraht versehenes Elektrodenplättchen oberhalb des *Laryngeus superior* unter den Vagus geschoben war, während das freie Ende des centralen Vagusstumpfes über einen durch Luft isolirten Kupferdraht hing: ein Grove'sches Element bei über einander geschobenen Rollen genügte, um einen Erschlaffungsstillstand hervorzurufen, der mehr als einmal eine ganze Minute und länger dauerte. Es ist nicht immer nöthig, dass man bei Anwendung eines Grove'schen Elementes die Rollen über einander schiebt, um Erschlaffungsstillstand des Zwerch-

Digitized by Google

falls zu erzeugen, vorausgesetzt, dass wenigstens eine der Elektroden in nächster Nähe des *Laryngeus superior* an das centrale Vagusende angelegt werde. Die schwächste Reizung, die ich in unseren Protokollen, als von dem in Rede stehenden Erfolg begleitet, verzeichnet finde, geschah beim Rollenabstand 0, d. h. bei gar nicht über einander geschobenen, nur an einander stossenden Rollen, mit Einem Grove'schen Elemente; wir sahen dabei das Zwerchfell 25 Secunden in der Exspirationsstellung verharren. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass man den Stillstand in Exspiration bei dieser Form des Versuchs nicht durch noch weniger starke Reizung erzielen könne.

Auch diese letzteren Erfahrungen scheinen mir der Mittheilung werth, weil sie eine Versuchsweise an die Hand geben, durch welche man leicht einen lange anhaltenden Stillstand des Zwerchfells in Erschlaffung herbeiführen kann, und dies hat offenbar für die Beantwortung mancher physiologischer Fragen praktischen Werth. Ich selbst habe eine Anwendung davon gemacht, über die eine weitere Abhandlung berichten soll.

Fassen wir das Ergebniss unserer Erfahrungen kurz zusammen, so finden wir:

1) Wechselströme von der Ordnung, dass sie, auf den unversehrten Vagus angewandt, die Häufigkeit des Pulses sehr bedeutend herabsetzen, können, wenn sie auf das centrale Vagusende einwirken, den Rhythmus des Athmens beschleunigen oder verzögern. Die Beschleunigung wird durch minder starke Ströme herbeigeführt, als die Verlangsamung; letztere kann aber verhältnissmässig leicht übersehen werden, weil die Stärke der Ströme, die zu ihrer Erzeugung erfordert wird, derjenigen nahe liegt, die das Zwerchfell auf viele Secunden im contrahirten Zustande anhält.

2) Die Reizung des centralen Vagusendes mit stärkeren Wechselströmen als die, von welchen in 1. die Rede ist, bewirkt, wenn die Ströme durch den untersten Abschnitt des centralen Nervenstumpfs geschickt werden, Stillstand des Zwerchfells und zwar in Inspirationsstellung, wenn die Ströme etwa so stark sind, dass sie, durch den unversehrten Vagus gehend, Stillstand des Herzens verursachen würden, in Exspirationsstellung dagegen, wenn die Ströme noch bedeutend stärker sind.

Digitized by Google

Das stimmt überein mit den zuerst von Aubert *und von* Tschischwitz *gemachten Angaben.*

3) Legt man die eine der beiden Elektroden in die Nähe des Nervus laryngeus superior an, dann reichen viel weniger starke Ströme, — häufig solche, die, auf den unversehrten Vagus angewandt, die Pulsfrequenz nur bedeutend vermindern würden, — aus, um durch Reizung des centralen Vagusstumpfes Stillstand des Zwerchfells in Exspiration hervorzurufen. Dies entspricht der von Rosenthal *gemachten Entdeckung über die Bedeutung des oberen Kehlkopfnerven.*

4) Durch eine passend ausgeführte Reizung des centralen Vagusendes kann man, mit Umgehung des leicht austrocknenden Laryngeus superior, nach Belieben das Zwerchfell in der Inspirationsstellung oder in der Exspirationsstellung verharren machen. Die eine wie die andere Form des Stillstandes kann unter günstigen Umständen eine ganze Minute und länger währen.

Turin im Februar 1863.

Digitized by

V.

Ueber die reflectorische Erregung des Herzens, die vom Vagus ausgeht.

Von

Jac. Moleschott

und

Cajus Peyrani,

erstem Assistenten an dem physiologischen Laboratorium der Turiner Hochschule.

Als Moleschott seine Untersuchungen über die directe Innervation des Herzens durch den Vagus unternahm und dabei zu einer vollen Bestätigung der von Schiff gemachten Angaben gelangte, hat er sich die Frage vorgelegt, wie sich diejenigen Reize, welche auf den unversehrten Vagus angewandt, vermehrte Häufigkeit des Herzschlags bewirken, gegenüber dem peripherischen und dem centralen Ende des durchschnittenen Nerven verhalten. Es stellte sich heraus, dass diejenigen schwachen Erregungen, welche den Herzschlag beschleunigen, wenn sie den unversehrten Vagus oder das peripherische Ende treffen, dies nicht thun, wenn man die elektrischen Ströme durch das centrale Vagus-Ende schickt [1]).

Wesentlich anders verhält sich die Sache, wenn man das centrale Ende des durchschnittenen Vagus mit Strömen von der Ordnung an-

---

[1]) Vgl. Moleschott im VII. Bande dieser Zeitschrift, S. 417, und Hufschmid und Moleschott, im VIII. Bande, S. 57, 58.

Digitized by Google

greift, dass sie ausreichen würden, um vom unversehrten oder vom peripherischen Ende des durchschnittenen Nerven aus eine sehr beträchtliche Verzögerung oder gar Stillstand der Herzbewegungen einzuleiten. Moleschott und Fudakowski fanden bei ihren Versuchen über den Einfluss des Vagus auf die Häufigkeit der Athemzüge [1]), dass eine Erregung des centralen Vagus-Endes mit starken Wechselströmen die Frequenz des Pulses ebenso erheblich zu steigern vermag, wie eine sehr schwache Erregung des peripherischen Endes des genannten Nerven nach den Untersuchungen von Schiff und von Moleschott.

Zu den in Rede stehenden Versuchen war der eine der beiden Vagi tief unten am Halse durchschnitten worden und frei präparirt auf ein Elektrodenplättchen gelegt, so dass das freie Ende des centralen Stumpfes von den übrigen Theilen des Halses isolirt war, oder wir isolirten den Vagus durch Luft, indem wir ihn nach dem früher beschriebenen Verfahren über frei schwebende Drähte brückten [2]); oder endlich das centrale Ende ward über unpolarisirbare Elektroden gelegt, wie sie früher von Hufschmid und Moleschott benutzt worden waren [3]).

Die folgenden Zahlen sind bei einer Versuchsreihe von Fudakowski und Moleschott in Zürich gewonnen. Das centrale Vagus-Ende lag auf einem Moleschott'schen Elektrodenplättchen, der Schlittenapparat wurde bei ganz übereinander geschobenen Rollen durch zwei Grove'sche Elemente in Bewegung gesetzt.

Minute.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe	203
2	Reizung	224
3	Ruhe	211
4	Reizung	242

[1]) Vgl. den vorhergehenden Aufsatz im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift.

[2]) Vgl. den vorliegenden Band dieser Zeitschrift S. 60, 61.

[3]) Vgl. den VIII. Band dieser Zeitschrift S. 55.

Digitized by

Minute.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
5	Ruhe	230
6	„	233
7	Reizung	243
8	Ruhe	245
9	„	250
10	„	208
11	Reizung	237
12	Ruhe	237
13	„	226
14	„	227
15	„	224
16	Reizung	243
17	„	262
18	Ruhe	260
19	„	244
20	„	240

Theils in Zürich, theils hier in Turin wurden zahlreiche ähnliche Beobachtungsreihen gewonnen. Beispielsweise mag hier noch eine mitgetheilt werden, bei welcher der Nerv durch Luft isolirt war. Der Abstand zwischen den Rollen des Schlittenapparats betrug + 5 C. M.

Minute.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe	137
2	„	134
3	Reizung	163
4	Ruhe	152
5	„	151
6	„	148
7	„	146
8	„	141

Wir sehen also durch starke Reizung des centralen Vagus-Endes die Frequenz des Herzschlags in der 3. Minute um 29 Pulse zunehmen und in den darauf folgenden 5 Minuten der Ruhe allmälig wieder um 22 Herzschläge in der Minute sinken.

Diese Versuche, welche vielfach wiederholt worden, ergeben, dass sich die Häufigkeit des Herzschlags vom Vagus aus auf reflecto-

Digitized by Google

rischem Wege steigern lässt. Wird aber eine sehr starke Reizung des centralen Vagus-Stumpfs häufig wiederholt oder länger als eine Minute fortgesetzt, dann tritt hier, wie bei einer directen und mässig starken Vagus-Reizung, Ermüdung ein, und man beobachtet statt Vermehrung Verminderung der Pulsfrequenz. Die folgende Versuchsreihe, bei welcher ein Grove'sches Element bei ganz über einander geschobenen Rollen des Schlittenapparats in Anwendung kam, mag dies belegen.

Minute.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe	191
2	„	197
3	Reizung	211
4	Ruhe	181
5	Reizung	202
6	Ruhe	185
7	Reizung	199
8	„	166
9	Ruhe	169
10	„	169
11	„	169
12	Reizung	131
13	„	125
14	Ruhe	147
15	„	168
16	„	160.

Die erste, die zweite und in der ersten Minute selbst die dritte Reizung brachte eine deutliche Frequenzvermehrung hervor; als aber die dritte Reizung über eine Minute lang gedauert hatte, fing sie an die Häufigkeit des Herzschlags herabzusetzen, und die vierte Reizung brachte diese Verminderung sogleich hervor. Der centrale Vagus-Stumpf war gut isolirt, von einer Uebertragung der elektrischen Erregung durch Stromschleifen auf das peripherische Vagus-Ende oder auf die Sympathici konnte nicht die Rede sein, was überdies durch die vermehrte Pulsfrequenz bewiesen wird, welche die ersten Reizungen (in der 3., 5. und 7. Minute) zur Folge hatten.

Auch dieser Erfolg, dass nämlich eine ermüdende Reizung des centralen Vagus-Endes den Puls seltener macht, ist wiederholt von

Digitized by

uns beobachtet worden, und wir werden davon noch andere Beispiele, die sich unter anderen Versuchsbedingungen ergaben, zu verzeichnen haben. Wir nehmen daher vorläufig Akt von der Thatsache, die gleichsam den Ausgangspunkt unserer Untersuchungen bildete, *dass man auf reflectorischem Wege vom Vagus aus durch eine starke Erregung den Herzschlag beschleunigen und durch eine sehr starke Erregung denselben verlangsamen kann.*

Nun drängte sich natürlich die Frage auf, in welcher Bahn die nach dem verlängerten Mark fortgepflanzte Erregung zum Herzen geleitet werde, ob durch die Sympathici, ob durch den zweiten Vagus oder längs beiden Wegen.

Zur Beantwortung dieser Frage haben wir zunächst in mehreren Fällen beide herumschweifende Nerven tief unten am Halse durchschnitten, sie in grosser Ausdehnung nach dem Kopfe zu präparirt, und dann das centrale Ende des einen der beiden Nerven gereizt. Ein Beispiel dieser Art liefert die nachfolgende Zahlenreihe. Es wurden unpolarisirbare Elektroden und ein Grove'sches Element am Inductionsapparat benutzt. Der Versuch wurde mit Fudakowski, Hufschmid und Ruete (Sohn) angestellt.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe		234
2	Reizung	0	256
3	Ruhe		239
4	Reizung	0	262
5	Ruhe		250
6	„		246
7	„		234
8	Reizung	+ 5 C. M.	247
9	Ruhe		245
10	Reizung	+ 2 „	259
11	Ruhe		240
12	Reizung	0 „	254
13	Ruhe		250
14	„		240
15	Reizung	+ 10 „	246
16	Ruhe		242

Digitized by Google

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
17	Reizung	+ 15 „	248
18	Ruhe		246
19	Reizung	+ 20 „	250
20	Ruhe		240
21	Reizung	+ 25 „	240
22	Ruhe		245
23	Reizung	+ 30 „	233
24	Ruhe		233
25	„		233
26	Reizung	— 8½ „	210.

Die Zahlen reden deutlich. War der Rollenabstand + 10 C. M. oder grösser, dann war die Erregung zu schwach, um eine deutliche Vermehrung zu erzielen; bei einem Rollenabstand von 25 C. M. und darüber war die Reizung ganz wirkungslos. Bei dem Rollenabstande + 5 C. M. bis 0, d. h. also nach unserer Ausdrucksweise bis die Rollen einander berührten, ohne über einander geschoben zu sein, wurde bei jeder Erregung eine erhebliche Frequenzvermehrung erzielt, die im Maximum 23 Schläge in der Minute betrug, d. h. mehr als $^1/_{11}$ der Frequenz, die in der Ruhe beobachtet ward (vgl. die 3. und 4. Minute). Eine sehr starke Reizung endlich, bei ganz über einander geschobenen Rollen, setzte die Frequenz um 23 Schläge in der Minute herab (26. Minute).

Alle die in dieser Versuchsreihe beobachteten Veränderungen der Pulsfrequenz wurden nach Durchschneidung beider Vagi durch Erregung des centralen Stumpfes des rechten erzielt; es konnte also in diesem Falle die reflectorische Erregung nur in der Bahn der Sympathici zum Herzen geleitet werden.

Ein zweites Beispiel, welches in Turin beobachtet worden, ergab noch stärkere Vermehrung in der Häufigkeit des Herzschlags, als wir das centrale Ende Eines Vagus nach Durchschneidung beider Nerven reizten. Wir theilen es namentlich deshalb mit, weil es eine Gelegenheit bietet, den Erfolg nach der Durchschneidung nur Eines Vagus mit dem nach Durchschneidung beider Nerven an demselben Thiere zu

Digitized by Google

vergleichen. Zunächst ward nur der linke Vagus tief unten am Halse durchschnitten, und sein centraler Stumpf ward zur Erregung benutzt.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe		198
2	Reizung	+ 5 C. M.	217
3	Ruhe		205
4	„		190
5	Reizung	+ 5 C. M.	226
6	Ruhe		209
7	„		206
8	„		202
9	Reizung	+ 5 C. M.	236
10	Ruhe		206
11	„		207

Nun wurde auch der rechte Vagus unten am Halse durchschnitten und von jetzt an die Wechselströme durch sein centrales Ende geschickt.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe		217
2	„		191
3	Reizung	+ 5 C. M.	222
4	Ruhe		217
5	„		200
6	Reizung	+ 5 C. M.	237
7	Ruhe		215
8	„		208
9	„		209
10	„		207
11	„		212
12	„		208
13	„		205
14	„		204

Es konnte also auch nach Durchschneidung beider Vagi durch die Reizung eines centralen Stumpfs derselben mit mässig starken Wechselströmen die Frequenz des Herzschlags um 37 Schläge in der Minute

Digitized by Google

gesteigert werden, und diese Vermehrung musste durch reflectorische Fortleitung der Erregung in der Sympathicusbahn erfolgen.

Sehr starke Wechselströme, durch einen centralen Vagusstumpf geschickt, können auch nach Durchschneidung beider Vagi eine sehr erhebliche Verminderung der Pulsfrequenz hervorrufen. Dies mag zunächst noch an einem weiteren Beispiel gezeigt werden.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe		188
2	„		189
3	„		188
4	„		185
5	Reizung	— 8¼ C. M.	142
6	Ruhe		200
7	„		201
8	Reizung	0	174
9	Ruhe		173
10	„		194.

In der 5. Minute brachte die mit einem Grove'schen Element bei ganz übereinander geschobenen Rollen vorgenommene Erregung eine Frequenzverminderung um 43 Schläge in der Minute hervor.

Die folgende Versuchsreihe liefert ein Beispiel, in welchem an einem und demselben Thier, obwohl beide Vagi peripherisch durchschnitten waren, durch minder starke Reizung eines centralen Vagusstumpfes die Frequenz des Herzschlags vermehrt, durch sehr starke Reizung dagegen vermindert ward. Zunächst war das centrale Ende des linken Vagus frei schwebend über die Elektroden gebrückt.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe		208
2	„		212
3	Reizung	+ 5 C. M.	237
4	Ruhe		248
5	„		250
6	Reizung	+ 5 C. M.	272

Digitized by

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
7	Ruhe		272
8	Reizung	+ 5 C. M.	295
9	Ruhe		282
10	„		286
11	„		276
12	Reizung	0	284
13	Ruhe		274
14	Reizung	0	286
15	„	0	297
16	Ruhe		292
17	„		306
18	„		307
19	Reizung	— 8½ C. M.	287
20	„	„	268
21	Ruhe		286
22	„		284
23	Reizung	— 8½ C. M.	276
24	„	„	268
25	Ruhe		263
26	„		270
27	„		272.

Hierauf wurde das centrale Ende des rechten Vagus, ebenfalls durch Luft isolirt, mit den zuletzt angewandten sehr starken Wechselströmen gereizt, und während die Frequenz im Ruhezustand des Nerven unmittelbar vor der Reizung 298 gewesen, sank sie während der Reizung auf 212

In dieser Versuchsreihe sehen wir durch die am wenigsten starke Reizung (Rollenabstand: + 5 C. M.) die Frequenz des Herzschlags von 212 allmälig bis auf 295 steigen. Nach jeder Reizung wurde in der Ruhe eine bedeutende Nachwirkung beobachtet, eine Deutung, die kein Unbefangener als willkürlich bezeichnen wird, da jede erneute Reizung eine stossweise Zunahme der Pulsfrequenz bewirkte. Auch die Reizung beim Rollenabstand 0 vermochte noch den Herzschlag zu beschleunigen, am kräftigsten als die Reizung 2 Minuten lang fortgesetzt ward (Minute 14 und 15). Als aber die Rollen ganz übereinander geschoben waren, bewirkte die Reizung jedesmal eine Verminderung, welche gleichfalls zunahm als die Reizung durch 2 Minu-

Digitized by Google

ten anhielt. Einmal betrug die Verminderung 86 Schläge in der Minute.

Durch diese und ähnliche Versuchsreihen sind wir zu dem Ergebniss gelangt, *dass die Reizung der sensiblen Vagus-Fasern sich auf die sympathischen Nerven reflectiren kann, dass sie bei mässiger Stärke vermehrte, bei übermässiger Stärke verminderte Frequenz des Herzschlags erzeugt. Hiernach lässt sich also der motorische Einfluss des Sympathicus auf das Herz auch auf reflectorischem Wege erzielen, und ebenso auch die Ermüdung, welche* Moleschott *und* Nauwerck *nicht bloss an unversehrten, sondern auch an dem oben am Halse durchschnittenen Halsstamm des Sympathicus auf directem Wege beobachtet haben* [1]).

Nun entstand die Frage, ob man die hier wahrgenommenen Erfolge auch erhalten könne durch Reflex der Erregung sensibler Fasern des einen auf motorische des anderen Vagus. Zu diesem Zweck haben wir in einer ganzen Reihe von Versuchen nur den einen herumschweifenden Nerven unten am Halse durchschnitten und die beiden Halsstämme der Sympathici nicht bloss in ihrem Zusammenhang getrennt, sondern jederseits ein Stück von 3 bis 4 C. M. Länge ausgerottet.

Ein solcher Versuch wurde zuerst am 29. Mai 1862 angestellt. Zunächst sollte das centrale Ende des linken Vagus gereizt werden, bevor die Sympathici durchschnitten waren, um uns Sicherheit darüber zu verschaffen, dass wir die richtige Stromstärke wählten, um überhaupt auf reflectorischem Wege den Herzschlag häufiger zu machen. Nachfolgende Zahlen lehren, dass uns dies gelungen:

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe		242
2	„		240
3	„		241
4	Reizung	+ 5 C. M.	252
5	Ruhe		231
6	„		227

[1]) Vgl. diese Zeitschrift, Bd. VIII, S. 39, 40.

Digitized by Google

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
7	Ruhe		226
8	Reizung	+ 5 C. M.	245
9	Ruhe		241
10	„		245
11	„		226
12	Reizung	+ 8 C. M.	240
13	Ruhe		224
14	Reizung	+ 5 C. M.	234
15	Ruhe		233
16	Reizung	+ 2 C. M.	250
17	„	„	266
18	Ruhe		246
19	„		236
20	„		236.

Nun wurde ein grosses Stück von beiden sympathischen Halsstämmen ausgeschnitten. Dies bewirkte zunächst eine Vermehrung der Pulsfrequenz, allein der Herzschlag beruhigte sich bald wieder zur ursprünglichen Häufigkeit seiner Schläge, und als nun wieder das centrale Ende des linken Vagus gereizt ward, blieb die Reizung ohne Erfolg. Die nach Exstirpation der sympathischen Halsstämme gewonnenen Zahlen folgen hier unten:

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe		282
2	„		277
3	„		271
4	„		259
5	„		243 [1]
6	Reizung	+ 2 C. M.	240
7	Ruhe		239
8	„		257

[1] Wir können nach unseren Erfahrungen über die Wirkung der Sympathici auf das Herz aus der hier im Anfang nach der Ausschneidung ihrer Halsstämme beobachteten Frequenzvermehrung nur folgern, dass unter Umständen die blosse Durchschneidung der Herznerven auf eine Zeit lang erregend zu wirken vermag. Vgl. diese Zeitschrift, Band VIII, S. 614—616.

Digitized by Google

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
9	Ruhe		252
10	„		239
11	„		239
12	Reizung	+ 2 C. M.	243
13	Ruhe		249
14	„		245
15	„		243
16	„		243
17	Reizung	+ 2 C. M.	243
18	„	„	242
19	Ruhe		247.

Also selbst als die Erregung 2 Minuten lang fortgesetzt ward, brachte sie nach Ausrottung der beiden sympathischen Halsstämme keine Veränderung in der Frequenz des Herzschlags hervor. Wir haben die betreffenden Zahlen zur Warnung unglücklicher oder von vornherein entschiedener Experimentatoren hier niedergeschrieben. Hüten wir uns, aus dieser einen Versuchsreihe zu folgern, dass die Reflexwirkung von einem Vagus aus in der Bahn des anderen nicht stattfindet.

Mehrfache Wiederholung des zuletzt mitgetheilten Versuchs hat uns gelehrt, dass man durch Reizung eines centralen Vagus-Endes auch nach Ausrottung der Halsstämme der Sympathici Vermehrung der Pulsfrequenz erzielen kann, wenn der andere Vagus unversehrt ist; — als aber zur Controle auch noch dieser peripherisch durchschnitten war, erhielten wir nichtsdestoweniger eine grössere und zwar nicht selten erheblich grössere Häufigkeit des Herzschlags, wenn ein centrales Vagus-Ende gereizt ward. So erhielten wir z. B. am 15. Juli 1862 folgende Versuchsreihe an einem Kaninchen, dem beide Sympathici und der linke Vagus tief unten am Halse durchschnitten waren, während der rechte Vagus noch unversehrt war. Das centrale Ende des linken Vagus war durch Luft isolirt, d. h. schwebend über die Kupferdrähte gebrückt, welche das Thier sonst nirgends berührten. Der Schlittenapparat wurde mit einem Grove'schen Element in Verbindung gesetzt:

Digitized by Google

Nummer der Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe		205
2	„		204
3	Reizung	+ 5 C. M.	222
4	Ruhe		198
5	„		196
6	Reizung	+ 8 C. M.	212
7	„	„	230
8	Ruhe		205
9	„		205
10	„		198
11	„		198
12	Reizung	+ 4 C. M.	210
13	„	„	225
14	Ruhe		201
15	„		196
16	„		205
17	„		203
18	Reizung	0	228
19	Ruhe		203
20	„		198
21	Reizung	— 8¼ C. M.	212
22	„	„	115 !
23	Ruhe		196
24	„		192
25	„		187
26	Reizung	„	149
27	Ruhe		160
28	„		194

Hierauf wurde das centrale Ende des linken Vagus ausgeschnitten, der rechte Vagus dagegen unten am Halse in seinem Zusammenhange getrennt, um sein centrales Ende zu Reizversuchen verwenden zu können. Gleich darauf, d. h. 6 Minuten nach der letzten Zählung, wurde der Puls von Neuem gezählt:

Digitized by Google

Nummer der Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
35	Ruhe		193
36	„		188
37	Reizung	+ 8 C. M.	193
38	„	„ „	200
39	Ruhe		178
40	„		186
41	„		189
42	Reizung	+ 5 „	202
43	„	„ „	214
44	Ruhe		193
45	„		199
46	Reizung	0	203
47	„	„	217
48	Ruhe		202
49	„		195
50	Reizung	— $8\frac{1}{2}$ C. M.	209
51	„	„ „	222
52	„	„ „	218
53	„	„ „	227
54	„	„ „	222
55	„	„ „	230
56	Ruhe		204
57	„		206.

Zunächst bestätigen die obigen Zahlen, dass man durch Reizung eines centralen Vagus-Endes die Häufigkeit des Pulses vermehren kann; Ueberreizung jedoch, d. h. eine zu lange fortgesetzte Reizung mit sehr starken Strömen (Minute 22) oder sehr starke Reizung des bereits ermüdeten Nerven (Minute 26) bewirkt eine ansehnliche Frequenzverminderung.

Erfolgten nun diese Wirkungen in der Bahn des noch unversehrten rechten Vagus, oder wurden sie durch die unteren Herznerven vermittelt und zwar von Fasern, welche sich der Bahn des Sympathicus erst in der Höhe des untern Halsganglions oder des ersten Brustganglions anschliessen?

Antwort auf diese Frage ertheilt die Zahlenreihe, welche nach Ausrottung eines grossen Stückes des linken Vagus durch Reizung des centralen Endes des rechten in der 35. bis 57. Minute gewonnen

Digitized by Google

wurde. Die betreffenden Zahlen lehren, dass in der That die reflectorische Wirkung auf das Herz, wo nicht ganz, doch jedenfalls zu einem grossen Theil in der Bahn der unteren Herznerven fortgeleitet ward, da selbst nachdem beide Vagi und beide Sympathici unten am Halse durchschnitten worden, durch die Erregung eines centralen Vagus-Endes eine bedeutende Pulsbeschleunigung erzielt wurde. Dieses Ergebniss kam uns unerwartet, da Hufschmid und Moleschott gefunden hatten, dass Erregung des verlängerten Marks nur in der Bahn der herumschweifenden Nerven auf das Herz einwirkt, und dass die Erregung des Rückenmarks, obwohl sie sowohl durch die Vagi, wie durch die sympathischen Nerven auf das Herz zu wirken vermag, wirkungslos wird, wenn man nicht nur die Vagi, sondern auch die Sympathici unten am Halse durchschnitten hat. Wir müssen also entweder annehmen, dass die Nervenvertheilung, die vom Rückenmark aus den Herztheil des Sympathicus versorgt, Verschiedenheiten zeigt, oder dass Hufschmid und Moleschott bei Erregung des Rückenmarks, nachdem Vagi und Sympathici durchschnitten waren, die richtige Reizstärke nicht getroffen haben [1]). Wir würden der letzteren Vermuthung den Vorzug geben, wenn nicht die Versuche, welche oben auf S. 82 und 83 mitgetheilt sind, ein neues Beispiel dafür lieferten, dass in gewissen Fällen nach Durchschneidung der beiden herumschweifenden und der beiden sympathischen Nerven unten am Halse die Wege von den grossen Nervenheerden zum Herzen abgeschnitten zu sein scheinen. Dass dies aber nur Fälle sind, Fälle, die nicht die Regel bilden, hat uns die sechsmalige Wiederholung der zuletzt beschriebenen Versuchsform gelehrt, bei der wir jedesmal selbst nach der Durchschneidung der vier Nerven durch die Erregung eines centralen Vagus-Endes den Herzschlag häufiger machen konnten. Wir wollen die Beispiele nicht häufen, unterlassen es daher andere Zahlenreihen hierher zu setzen, und bemerken nur noch, dass wir einige Male bei diesen Versuchen die Halsstämme der Sympathici mitsammt den oberen Halsganglien ausgerottet haben.

In den zuletzt verzeichneten Versuchen gelang es nicht nach der

---

1) Vgl. Hufschmid und Moleschott im VIII. Bande dieser Zeitschrift S. 587 u. folg. und namentlich die Note auf S. 600.

Digitized by Google

Durchschneidung der beiden Sympathici und der beiden Vagi durch die Erregung eines centralen Vagusstumpfs die Häufigkeit des Herzschlags herabzusetzen. Wir theilen deshalb eine andere Versuchsreihe mit, nach welcher auch dieser Erfolg in der Bahn der unteren Herznerven durch Fasern vermittelt werden kann, welche das Rückenmark dem unteren Halsganglion oder dem oberen Brustganglion zuschickt. Dem betreffenden Kaninchen waren die beiden Halsstämme des Sympathicus mitsammt den oberen Halsganglien exstirpirt, und zunächst sollte der linke Vagus, welcher peripherisch durchschnitten war, sein centrales Ende zu den Reizversuchen hergeben. Um den Schlittenapparat, dessen Rollen bei jeder Erregung ganz über einander geschoben waren, in Gang zu setzen, wurde ein Grove'sches Element benutzt.

Nummer der Minute.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe	167
2	„	161
3	Reizung	140
4	Ruhe	148
5	„	153
6	„	157
7	Reizung	136
8	Ruhe	142
9	„	147
10	„	149
11	„	153
12	„	154
13	Reizung	144
14	„	138
15	Ruhe	174
16	„	177
17	„	175
18	Reizung	147
19	Ruhe	152
20	„	165
21	Reizung	151
22	„	157
23	Ruhe	194
24	„	187
25	„	180
26	„	177.

Digitized by

Jetzt wurde noch der rechte Vagus peripherisch durchschnitten; das peripherische Ende des centralen Stumpfes wurde frei über einen Kupferdraht gehängt, welcher sonst nirgends das Kaninchen berührte, die andere Elektrode war in der Nähe des *Laryngeus superior* dem rechten Vagus angelegt. Nach 5 Minuten konnte wieder gezählt werden:

Nummer der Minute.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
32	Ruhe	182
33	„	174
34	„	175
35	Reizung	170
36	„	152
37	Ruhe	173
38	„	173
39	„	176
40	Reizung	157
41	Ruhe	144
42	„	156
43	„	159
44	„	171

Alle die Frequenzverminderungen, die in der obigen Zahlenreihe verzeichnet sind, wurden durch die Erregung mit sehr starken Strömen hervorgerufen. Meistens überdauerte die Ermüdung die Erregung, so dass während der Ruhezeit die Frequenz nur allmälig wieder stieg. Wir haben also in diesen Versuchsreihen auf's Neue eine Bestätigung jenes von Moleschott und Nauwerck beschriebenen Einflusses des Sympathicus, wonach eine schwache Reizung die Häufigkeit des Pulses erhöht, starke Reizung (Ueberreizung) dagegen sie herabsetzt, nur dass, wenn die Erregung reflectorisch vom centralen Vagus-Ende zu den unteren Herznerven fortgeleitet wird, die frequenzvermehrende Reizung starke, die frequenzvermindernde Ueberreizung sehr starke Ströme erfordert [1]).

Wir haben dreimal die sympathischen Halsstämme mitsammt den unteren Halsganglien, zweimal zugleich die oberen Halsganglien

[1]) Vgl. oben S. 81.

Digitized by Google

ausgerottet und beide Vagi unten am Halse durchschnitten, um zu versuchen, ob man nachher noch durch Reizung eines centralen Vagus-Endes die Häufigkeit des Herzschlags vermehren oder vermindern könnte. Allein die Erfolge waren so schwankend, dass wir aus unseren Versuchen nicht zu schliessen wagen, es gesellten sich noch unterhalb des unteren Halsganglions dem Sympathicus Nervenfasern bei, die den Herzmuskel versorgen; die Möglichkeit, dass dies geschehe, wird indess durch unsere Versuche nicht ausgeschlossen.

Je entschiedener nun durch die bisher mitgetheilten Erfahrungen der Beweis geliefert ist, dass die Reizung eines centralen Vagus-Endes, wenn sie nur stark genug ist, in der Bahn der sympathischen Nerven reflectorisch auf das Herz einwirkt — und zwar bei Anwendung der stärksten Ströme frequenzvermindernd, frequenzvermehrend dagegen bei Anwendung minder starker Ströme, — desto nothwendiger wurde es zu untersuchen, ob denn auch in der Bahn des anderen Vagus die Reflexwirkung erzielt werden könne. Die Beantwortung dieser Frage erfordert die Lösung der keinesweges einfachen Aufgabe, allen Zusammenhang der sympathischen Herznerven mit dem Rückenmark, beziehungsweise mit dem verlängerten Mark, aufzuheben, ohne dass der Herzschlag aufgehört hat. Unsere Untersuchungen haben gelehrt, dass es zu diesem Zwecke nicht genügt, die Halsstämme der sympathischen Nerven mitsammt den oberen Halsganglien auszuschneiden. Wir haben daher die sympathischen Halsstämme nebst den oberen Halsganglien abgetragen und ausserdem das Rückenmark zwischen dem dritten und vierten Halswirbel durchschnitten, den rechten Vagus unversehrt gelassen, den linken, der gereizt werden sollte, peripherisch getrennt, und gleich nach der Durchschneidung des Rückenmarks die künstliche Respiration eingeleitet. Jetzt war das Herz mit den Nervenheerden nur noch durch den Einen Vagus verbunden; wenn also die Erregung des centralen Endes des anderen Vagus die Häufigkeit der Herzschläge veränderte, so konnte die reflectorische Wirkung nur in der Bahn des unversehrten Vagus zum Herzen fortgeleitet werden. Es ist aber leider noch eine andere Complication des Versuches erforderlich: nach all den erwähnten Eingriffen ist der Herzschlag dermassen geschwächt, dass es nicht mehr gelingt, die Herzbewegungen mit

Digitized by

einiger Sicherheit an der Zeigernadel abzulesen. Wir mussten daher zu der Eröffnung des Thorax schreiten, um den Herzschlag direct beobachten zu können. So vielen tiefen Eingriffen gegenüber ist es nicht zu verwundern, dass der Versuch öfters misslang; es ist uns vorgekommen, dass, nachdem alles in der besagten Weise vorbereitet war, der Herzschlag überhaupt nicht mehr bestand, oder nicht regelmässig genug war, um vergleichende Zählungen zu unternehmen, oder endlich es zog sich nur noch das rechte Herzohr zusammen. Dennoch sind wir ein paar Mal so glücklich gewesen, positive Erfolge zu beobachten. Hier folgen zunächst die Zahlen, die wir am 29. Juli vorigen Jahres gewonnen haben: der Schlittenapparat wurde mit einem Grove'schen Element bedient.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe		148
2	Reizung	+ 5 C. M.	125
3	Ruhe		113
4	„		116
5	„		116
6	Reizung	10 C. M.	111
7	Ruhe		114
8	Reizung	20 C. M.	100
9	Ruhe		104
10	„		41
11	Reizung	30 C. M.	42
12	„	„ „	50
13	„	„ „	52
14	Ruhe		19
15	Reizung	„ „	24
16	„	„ „	20
17	Ruhe		16.

Auch durch das unaufhaltsame Sinken der Frequenz des Herzschlags, die das Herannahen des Todes bezeichnet, hindurch ist die Wirkung der Reizung unverkennbar: bei dem Rollenabstande von + 5 bis 20 C. M. bewirkte die Erregung des centralen Endes des linken Vagus jedesmal eine Frequenzverminderung, von welcher sich das Herz allerdings nur unvollständig erholte, aber doch so, dass zweimal die

Digitized by Google

zunächst auf die Erregung folgende Ruheminute eine schwache Vermehrung in der Pulshäufigkeit erkennen liess (Minute 7 und 9); und als in der 10ten Minute die Frequenz auf weniger als ein Drittel der ursprünglichen Grösse gesunken war, gelang es durch eine schwächere Reizung (bei 30 C. M. Rollenabstand) auf's Neue eine Steigerung derselben zu bewirken (Minute 11—13), was sich später (Minute 15 und 16) noch einmal wiederholte. Dann aber wurden die Herzbewegungen so undeutlich, dass wir von einer nochmaligen Reizung abstehen mussten.

In einem andern Kaninchen stand, als alles vorbereitet war, das Herz schon still, allein es gelang durch Erregung des centralen Endes des linken Vagus Herzbewegungen hervorzurufen.

Dreimal ist es uns bei einem anderen Versuche gelungen, die Pulsfrequenz durch die sehr starke Erregung eines centralen Vagus-Endes erheblich herabzudrücken, während der Zusammenhang zwischen den Nervenheerden und dem Herzen nur noch durch den anderen Vagus vermittelt ward. Ein Zahlenbeispiel dafür möge hier noch Platz finden. Die Rollen des mit einem Grove'schen Element bespannten Schlittenapparats waren ganz über einander geschoben.

Minute.	Zustand des Nerven.	Zahl der Herzschläge in der Minute.
1	Ruhe	127
2	Reizung	92
3	Ruhe	78
4	„	89
5	„	94
6	„	131
7	Reizung	104
8	Ruhe	126.

Somit wäre auch durch Reflexwirkung von einem der herumschweifenden Nerven aus in der Bahn des anderen durch die minder starke Reizung vermehrte, durch die stärkere Erregung verminderte Herzthätigkeit hervorzubringen.

Es ist uns im Laufe dieser Arbeit einmal Gelegenheit geworden, das bereits stillestehende Herz durch directe Erregung des Vagus

Digitized by

wieder zu Pulsationen zu veranlassen. Wir hatten einem Kaninchen das Halsmark zwischen Schädel und Atlas durchschnitten, beide Sympathici und den linken Vagus unten am Halse, den rechten Vagus oben am Halse getrennt. Als wir den Brustkasten eröffnet hatten, zeigte nur das rechte Herzohr ein unregelmässiges Flimmern, das von Zeit zu Zeit von einer Zusammenziehung unterbrochen wurde; wir reizten das peripherische Ende des rechten Vagus und sahen während der Reizung wieder regelmässige Herzschläge auftreten [1]).

Wir schliessen aus unseren Untersuchungen, *dass die Reizung des centralen Endes eines unten am Halse durchschnittenen Vagus, vorausgesetzt, dass sie stark genug sei, reflectorisch auf das Herz einwirkt. Starke Wechselströme, die durch das centrale Vagus-Ende geschickt werden, können den Herzschlag bedeutend häufiger machen, sehr starke Ströme die Pulsfrequenz erheblich vermindern. Die reflectorische Leitung kann sowohl durch den zweiten Vagus, wie durch die sympathischen Nerven und in dem Gebiete dieser letzteren jedenfalls auch durch Fasern vermittelt werden, die sich erst dem unteren Halsganglion vom Rückenmark aus zugesellen. Um vermehrte Pulsfrequenz als Reflexwirkung vom Vagus aus zu erzielen, muss man das centrale Ende desselben mit viel stärkeren Strömen angreifen, als diejenigen sind, welche durch directe Erregung des Vagus diese Wirkung hervorzubringen vermögen.*

Turin, im März 1863.

---

[1]) Moleschott in dieser Zeitschrift, Bd. VII, S. 448, 449.

Digitized by Google

VI.

Ueber die Porenkanäle in der Membran der Zellen des *rete Malpighii* beim Menschen.

Von

Dr. Otto Schrön

in Turin.

Ich beginne diese Arbeit mit der Entschuldigung, dass ich durch deren Titel eines der ersten Gesetze für den Naturforscher, sich auch in seinen Bezeichnungen möglichst objectiv zu verhalten, verletze, indem ich dem Gegenstand meiner Beschreibung früher eine ganz bestimmte subjective Charakteristik gebe, als ich den Beweis für die Berechtigung hiezu liefere. Ich thue dies, um Worte zu sparen, und überlasse es den verehrten Fachgenossen, die vergleichende Untersuchung darüber entscheiden zu lassen, ob der Gegenstand, den ich in den nachfolgenden Zeilen beschreiben werde, den ihm von mir beigelegten Namen rechtfertigt, oder nicht.

I. Gegenstand der Untersuchung

waren anfangs pathologische Objecte, nämlich 5 Epithelkrebse und ein Papillom vom Menschen, sowie eine papilläre Wucherung aus der

Digitized by Google

Rückenhaut des Ochsen, welche ich, ohne nach der Existenz von Porenkanälen in denselben zu suchen, wegen anderer mir interessanter histologischer Merkmale, auf welche mich mein verehrter Lehrer, Herr Professor Thiersch in Erlangen, aufmerksam gemacht hatte, betrachtete. Nachdem ich die zu beschreibenden Porenkanäle in den genannten pathologischen Objecten zufällig gefunden hatte, untersuchte ich, um mich darüber zu unterrichten, ob auch in den Zellen der normalen Malp. Schicht des Menschen Porenkanäle sichtbar seien, verschiedene Regionen der normalen menschlichen Haut an sechs Individuen. Ich untersuchte die Haut der Augenlider, der Nase, der Lippe, der Wange, des Kinns, der Brustwarze, der Fingerspitzen, des Penis. Nachdem mir diese Objecte ein bestimmtes positives Resultat gegeben hatten, zog ich die Haut einiger Thiere in den Bereich der vergleichenden Beobachtung, und fand in der Lippen- und Fingerhaut des Affen, sowie an einer pigmentlosen Schwanzhaut vom Pferd eine vollkommene Uebereinstimmung mit der menschlichen Haut hinsichtlich gewisser von mir gesuchter Charaktere des *stratum Malpighianum,* während die Haut der Ratte und des Delphin bis jetzt das gewünschte Resultat vorenthielt.

II. Methode der Untersuchung.

Die pathologischen Objecte waren theils längere, theils kürzere Zeit im starken Weingeist gehärtet, um sie in feine Schnitte zerlegbar zu machen. Die normalen Hauttheile, welche ich benutzte, waren zum Theil auf gleiche Weise behandelt, zum Theil wurden dieselben im frischen Zustand verwerthet. Die Reagentien, deren ich mich bei der zu beschreibenden Untersuchung bediente, waren die Imbibition mit Carminlösung nach der Gerlach'schen Methode, das Glycerin, die starke und schwache Essigsäure, das *Kali causticum* (Moleschott'sche 33 % Lösung), die 5 %tige Lösung von phosphorsaurem Natron.

Die Mikroscope, mit denen ich arbeitete, waren ein Instrument von Engelbert, eines von Oberhäuser, eines von Hartnack mit Immersions-System.

Die Umrisse der Zeichnungen wurden aus Rücksicht für Einhaltung der Grössenverhältnisse mit Hülfe der *camera lucida* fixirt.

Digitized by Google

III. Objectives.

Härtet man einen Epithelkrebs einige Tage im absoluten Alkohol, bis in Folge der künstlichen Wasserentziehung die Gewebe desselben dem schneidenden Messer denjenigen Grad von Widerstand leisten, welcher zur Anfertigung eines hinreichend transparenten Objectes nöthig ist, und untersucht die so gewonnenen Präparate mit Hülfe des Glycerin bei einer Vergrösserung von circa 500, so beobachtet man in der Membran der Zellen der mehr oder weniger verdickten Malpighischen Schicht eine feine radiäre Streifung. Diese Streifung spricht sich aus in einem ganz bestimmten Wechsel je einer hellen Linie mit einer dunklen, welche auf der äusseren Contour der Zellmembran senkrecht stehen, und die um so deutlicher in die Erscheinung treten, je schärfer man das Mikroscop auf das Profil der Zellmembran einstellt. Bei scharfer Einstellung auf die Zellen im Profil bekommt man den Eindruck, als ob die hellen Linien etwas breiter seien als die dunklen, worauf ich jedoch keinen besonderen Werth zu legen wage, da dieses Bild ebensogut in dem optischen Effect der Irradiation seine Erklärung finden dürfte, als es der wahrheitsgetreue Ausdruck für wirkliche Grössendifferenz zwischen den dunklen und hellen Linien sein kann.

Betrachtet man die verdickte Membran der bezeichneten Zelle von der Fläche, so findet man je nach der Einstellung das dunkle Sehfeld unterbrochen von in bestimmter regelmässiger Distance stehenden helleren Punkten, oder man findet das hellere Sehfeld gezeichnet von dunkleren Punkten, welche am Rande der Zelle in ein undeutliches verschwommenes Bild von grauen Streifen überzugehen scheinen.

Betrachtet man grössere Zellengruppen bei Einstellung auf den Rand der Zellen, so bekommt man an vielen Stellen im Berührungspunkt zweier Zellen das Bild, als ob die dunklen Linien der einen Zelle sich direct fortsetzen in die dunklen Linien der Membran der Nachbarzelle.

Die für die verdickte Membran der Zellen der pathologisch veränderten Malpighischen Schicht beschriebenen Verhältnisse

Digitized by

beobachtet man auch in der normalen Haut des Menschen, wenn man über Objecte verfügt, deren Qualität dies ermöglicht. Dass sich nicht jedes bezügliche mikroscopische Object hiezu eignet, scheint daraus hervorzugehen, dass die Existenz der eben beschriebenen Streifen in der Membran der Zellen der Malpighischen Schicht des Menschen sich bis jetzt den Augen aller Histologen entzogen hat, der Wahrnehmung von Beobachtern, deren histologisches Können ich weit über das meinige stelle. Diese Thatsache giebt mir Veranlassung, die Ansprüche zu berühren, denen ein Präparat aus der normalen Haut des Menschen genügen muss, wenn es zur Beobachtung der besprochenen Streifen dienen soll. Nicht die Anwendung differenter Reagentien, sondern die Dünne des Schnitts und das Einschliessen desselben in eine Flüssigkeit, welche dessen Durchsichtigkeit noch erhöht, ohne nachweisbare Formveränderungen an den Gewebselementen desselben zu bewirken, ist entscheidend für den Erfolg der Beobachtung des bezeichneten Gegenstandes. Solche aufhellende Flüssigkeiten sind bekanntlich für Imbibitions-Präparate der Canada-Balsam und das Damar-Harz in Benzin gelöst, für gewöhnliche Präparate das Glycerin. Da ich mir für diese Zeilen nicht die Aufgabe gestellt habe, mikroscopisch präparative Technik zu besprechen, so lasse ich es bei diesen wenigen Andeutungen.

Der Gebrauch der Essigsäure, des *Kali caust.*, des phosphorsauren Natron, wenn man dieselben in den entsprechenden procentischen Verhältnissen anwendet, heben zwar die beschriebene Streifung, so lange die Zellmembran besteht, nicht auf, lassen dieselbe jedoch nicht mit der Deutlichkeit hervortreten, welche wir der Glycerinwirkung verdanken.

In den Präparaten aus der normalen Haut des Menschen konnte ich die Streifen nie über die innere Grenze der Zellmembran hinaus verfolgen, während in den Zellen des Epithelkrebses die Porenkanäle sich an vielen Stellen durch den Zelleninhalt hindurch bis an die Hülle des Kerns hin fortzusetzen scheinen.

Von einer feinen Membran, welche ich zwischen dem Zelleninhalt und der äusseren Zellhaut, die von den radiären Streifen

Digitized by Google

durchsetzt ist, gesucht habe, konnte ich bis jetzt keine Spur finden. Da Kölliker das Vorhandensein derselben, unter anderen Gebilden, in den Epidermiszellen von Petromyzon und in den Darmepithelien höherer Wirbelthiere nachgewiesen hat, so wäre ich vielmehr geneigt, mein negatives Resultat für die menschliche Haut auf Rechnung einer mangelhaften Anwendung der hiezu nöthigen Reagentien zu bringen, als ein Nichtvorhandensein dieser Membran in den Malpighischen Zellen der menschlichen Haut anzunehmen, wenn nicht meine oben angeführte Beobachtung, dass man an gewissen pathologischen Zellen der Malp. Schicht die Streifen durch den Zelleninhalt bisweilen bis an den Kern hindurchgehen sieht, mich im Zweifel über das Vorhandensein einer zweiten Membran erhielte.

Von Interesse scheint mir zu sein, dass man die beschriebenen Streifen in der Membran der Zellen der äusseren Wurzelscheide des Haarbalgs nachweisen kann, während dieselben in anderen Organen, die man als Einsenkungen der Malpighischen Schicht ansieht, in den Talg- und Schweissdrüsen fehlen. Auf den möglichen Werth dieser Thatsache werde ich ein andermal zurückkommen.

In noch deutlicherer Entwicklung als in den Zellen der äusseren Haut habe ich die mehrbesprochene Streifung in einzelnen Schleimhaut-Regionen der Mundhöhle gesehen, z. B. an der Lippe, am Gaumen. Namentlich sehr entwickelt fand ich dieselben in dem secundär verdickten Schleimhautüberzug eines Fibroid vom harten Gaumen eines alten Mannes.

Auch in der Schwanzhaut des Pferdes und in der Lippen-, Wangen- und Fingerhaut des Affen liessen sich die Streifen der Membran der Zellen der Malp. Schicht erkennen, in letzterer selbst an Präparaten, welche fast zwei Jahre lang der Einwirkung der Moleschott'schen Essigsäure-Mischung ausgesetzt gewesen waren.

IV. Subjectives.

Ich glaube, dass die im objectiven Theil beschriebenen Streifen in der Zellmembran des *rete Malpighii* der optische Ausdruck für das

Digitized by Google

Vorhandensein von Porenkanälen sind. Einen unumstösslichen Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht kann ich nicht geben, da ich weder im Besitz von Werkzeugen bin, welche man nach Art einer Sonde die fraglichen Kanäle passiren lassen könnte, noch es mir gelungen ist, einen Flüssigkeitsstrom zwischen den beschriebenen helleren und dunkleren Streifen zu erzeugen, der deutlich genug gewesen wäre, um hierauf eine entscheidende Schlussfolgerung zu basiren.

Denjenigen gegenüber, welche das Vorhandensein von Porenkanälen nur gegen Erfüllung einer der beiden eben angeführten Bedingungen anerkennen, befinde ich mich in der Lage der Hülflosigkeit, wenn sie den Titel, unter dem diese Arbeit gedruckt ist, als voreilig, und unter dem Einfluss übertrieben subjectiver Regungen gewählt bezeichnen. Derjenige hingegen, welcher die als Porenkanäle von unseren jetzigen Vertretern der Histologie angesehenen Organe, wie man sie z. B. in den Epidermiszellen von Petromyzon und Ammocoetes [1]) zur Ansicht bekommt, kennt, und der die grosse Aehnlichkeit dieser Bilder mit jenen, welche die Membran der Zelle des *rete Malp.* giebt, vergleicht, wird meinem Schluss nicht die Geltung einer blossen Wahrscheinlichkeit beilegen, sondern den Titel dieser Arbeit als gerechtfertigt ansehen.

Ich werde nun noch auf einige andere Erörterungen eingehen.

Die Hauptfrage, ob die beschriebene Streifung als ein Kunstprodukt angesehen werden könne, beantwortet sich durch die Nachweisbarkeit derselben an frischen Präparaten, an denen man dieselben zwar nicht so deutlich zur Ansicht bekommt, als an gehärteten Hauttheilen, sich jedoch immerhin von dem Vorhandensein derselben leicht überzeugen kann, wenn man durch vorhergehende Untersuchung gehärteter Objecte im Auffinden der besprochenen Structur-Verhältnisse geübt ist. Selbst wenn es mir nicht gelungen wäre, an frischen Präparaten diese Streifung aufzufinden, und ich dieselbe nur an gehärteten Objecten gesehen hätte, würde ich keinen Anstand nehmen, dieselbe als zur

---

[1]) Ausführlichere Arbeiten von Kölliker über Porenkanäle (nebst Angabe der einschlägigen Literatur) findet man in den Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft in Würzburg vom 28. Juni und 13. Dec. 1856.

Digitized by Google

Charakteristik der Zellen der Malp. Schicht gehörig zu betrachten, da, abgesehen von der Unbegreiflichkeit, warum die Härtung gerade nur an den Zellen der Malp. Schicht diese Veränderung bewirken sollte, einerseits die Aehnlichkeit mit den Porenkanälen in den Epidermiszellen niederer Thiere, andrerseits der verschiedene Entwicklungsgrad derselben, je nach dem Alter und der Funktion der Zelle, in mir die Annahme verdrängt, dass dieser ganze Erscheinungscomplex ein Effect der Wasserentziehung durch Weingeist sei.

Ein zweites Bedenken, ob die beobachtete Streifung etwas Normales sei, wird mit einem ziemlichen Grad von Wahrscheinlichkeit verdrängt durch den Umstand, dass ich dieselbe in der Haut der 6 verschiedenen Leichen, die ich auf die betreffende Streifung untersuchte, in gleicher Entwickelung fand. Diese Ansicht gewinnt noch an Basis, wenn man die quantitative Veränderung dieser Streifung bei gewissen hypertrophischen Vorgängen in der Haut gesehen hat, wie ich dies durch Präparate über Epithelkrebs und Papillom erhärten kann.

Soviel hievon.

Es erübrigte noch Einiges über die Histogenese der Porenkanäle in den Zellen der Malp. Schicht des Menschen beizufügen, sowie einige nahe liegende physiologische Schlussfolgerungen nebst deren pathologischen Consequenzen zu ziehen.

Zur Histogenese vermag ich gegenwärtig Nichts beizutragen, da meine bisherigen Untersuchungen über diesen Gegenstand weder einen Aufschluss darüber gaben, ob die besprochene Zellmembran in die Reihe der Zellmembranen von secundärer Bildung zu stellen sei, noch darüber, ob dieselbe von Anfang der Entstehung der Zelle an als ein complicirtes Gebilde auftritt. Ich bemerke daher nur, dass die Porenkanäle in den mittleren Lagen der Malpighischen Schicht am stärksten hervortreten, während sie in der einreihigen Kette derjenigen Zellen, welche dem Papillarkörper zunächst und auf demselben senkrecht stehen, schwer zu sehen sind. Gegen die Hornschicht zu verschwinden dieselben ganz.

Was die physiologische Tragweite dieser Beobachtung betrifft, so ist dieselbe bezeichnet durch die Reichhaltigkeit der Schlüsse, welche

Digitized by

die Annahme direkter Communication zwischen Zellenhülle und Zelleninhalt, sowie direkter Verbindung ganzer Zellengruppen unter einander für den Stoffwechsel gestattet.

Die pathologischen Consequenzen werde ich in einer späteren Arbeit, im Anschluss an Abbildungen über den pathologisch-anatomischen Befund bei hypertrophischen Vorgängen in der Malp. Schicht berühren.

Résumé.

1) Die Membran der Zellen der Malp. Schicht des Menschen hat Porenkanäle.

2) Bei denjenigen pathologischen Vorgängen in der Haut, welche durch eine plastische Hypertrophie der Malp. Schicht ausgezeichnet sind, findet man diese Porenkanäle in einem sehr hohen Grad der Entwicklung.

Bei Veröffentlichung dieser Untersuchung fühle ich die Verpflichtung, Herrn Professor De Filippi für die vielseitigen Hülfeleistungen, welche er mir während derselben zu Theil werden liess, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Zellengruppe aus der normalen Fingerhaut des Menschen.

Hartnack System 8, Ocular 4 } Vergrösserung 630.

Fig. II. Zellengruppe aus der äusseren Hautfläche der normalen Lippen des Menschen.

Hartnack Immersions-System, Ocular 4 } Vergr. 950.

Fig. III. Zellengruppe aus einem Epithelkrebs von der Lippe des Menschen.

Hartnack System 8, Ocul. 3 } 420.

Fig. IV. Zellengruppe aus einem Epithelkrebs der Wange des Menschen.

Hartnack System 8, Ocul. 3 } 630.

Turin, 18. April 1863.

Digitized by Google

VII.

In Sachen des Eierstocks.

Entgegnung von Dr. **Schrön** in Turin an Herrn Professor **Pflüger** in Bonn.

Gestern kam mir die am 18. März ausgegebene Arbeit Pflüger's: „Ueber die Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen" zur Hand. Pflüger berücksichtigt mich in derselben in einer Weise, die eine augenblickliche Erwiederung nöthig macht. Pflüger macht mir 3 Vorwürfe:

1) Sucht er meinen Charakter in ein schlechtes Licht zu setzen, indem er mir zumuthet, dass ich seine Untersuchungesresultate für die meinigen ausgeben wolle.
2) Erklärt er meine Untersuchungsmethoden für fehlerhaft.
3) Spricht er mir viel unverholener, als dies unter Männern, die auf polemischen Takt Anspruch machen, Sitte ist, die Fähigkeit für Beobachtung ab.

Durch die beiden letzten Vorwürfe fühle ich mich durch Pflüger nicht beleidigt, werde auch jetzt nicht auf dieselben erwiedern, sondern es einer späteren Zeit und einer vorurtheilsfreieren Kritik überlassen, über dieselben Recht zu sprechen, während ich dem ersten Vorwurf mit derjenigen Festigkeit entgegentrete, welche mir mein Ehrgefühl vorschreibt. Um denjenigen, die über das letzte Pflüger'sche Werk nicht disponiren, eine genaue Einsicht in die Sachlage zu

Digitized by Google

verschaffen, werde ich den hierher bezüglichen Theil der Pflüger'schen Schrift *verbotenus* wiedergeben.

Auszug aus dem Pflügerschen Werk über den Eierstock pag. 115, 116.

„Am 17. November 1862, also nach allen meinen Mittheilungen, „fast ein Jahr nach Publication meiner vorläufigen zweiten, in welcher „die wichtigsten von mir ermittelten Thatsachen sich vorfinden, erscheint „eine Arbeit von Dr. Otto Schrön (Beitrag zur Kenntniss der Ana„tomie und Physiologie des Eierstocks der Säugethiere. Zeitschrift für „wissenschaftliche Zoologie, 12. Bd., 3. Heft, pag. 809 u. f.). Diese „Arbeit ist bei Weitem die beste, welche seit meinen Mittheilungen „über diesen Gegenstand erschienen ist.

„Eine Reihe äusserst wichtiger Thatsachen wird von Schrön „mitgetheilt, welche vor meinen Untersuchungen durchaus unbekannt „gewesen sind. Schrön bestätigt das von mir aufgestellte Gesetz, „dass die jüngsten Zustände der Eier und Follikel dicht unter der „Oberfläche des Eierstocks gelegen sind. Er zeigt in Uebereinstim„mung mit mir, dass die genannten Bildungen im Allgemeinen um so „grösser sind, je weiter sie von der Oberfläche des Eierstocks entfernt „liegen. Schrön behauptet, dass das Ei bereits vorhanden sei, ehe „man von einem Graaf'schen Follikel reden könne, ganz so, wie es „von mir im Widerspruch mit allem bisher Bekannten entdeckt wor„den ist. Schrön bestätigt den Satz, dass der Follikel nicht das „Produkt einer Mutterzelle sei. Schrön weist nach, dass so, wie ich „es entdeckt habe, kleine Zellen die Eier auseinanderdrängen, sie um„wachsen und auf diese Weise die *Membrana granulosa* erzeugen. „Schrön findet in Uebereinstimmung mit meinen Angaben häufig „zwei Eier in einem mit Epithel versehenen schlauchartigen Gebilde. „Schrön sind sogar in Uebereinstimmung mit meinen Angaben drei „Eier in ein und derselben Epithelialcyste aufgestossen.

‚Dieses Alles findet sich nun bereits und mehr als dieses in mei„ner zweiten Mittheilung, welche fast ein ganzes Jahr vor der Schrön'„schen Arbeit publicirt worden ist, wie sich der geneigte Leser einige „Zeilen vorher überzeugt haben wird. Sogar in dem Jahresbericht von

Digitized by

„Henle und Meissner für 1861 findet sich bereits ein ausführliches „Referat über diese meine Untersuchungen. Niemand war deshalb „mehr erstaunt als ich beim Durchlesen der Schrön'schen Arbeit zu „finden, dass er Alles dem Leser so dargestellt hat, als ob er und „nicht ich der Entdecker all' dieser Thatsachen wäre. Man muss aber „nicht glauben, dass dem Dr. Schrön meine Arbeiten unbekannt wa„ren, denn obwohl er bei der Betrachtung einer Reihe der wichtigsten „Verhältnisse, deren Kenntniss man meinen Untersuchungen verdankt, „mit keiner Sylbe meiner Erwähnung thut, zufällig mit mir dasselbe „beste Untersuchungsobject ausmittelt, zufällig sogar dieselbe Ueber„schrift für seinen Aufsatz mit mir wählt, kommt er doch auf mich zu „reden, wenn es sich darum handelt, gegen mich zu polemisiren. „Wir wenden uns hiermit zur Besprechung dieser Polemik" etc.

Aus den Worten Pflüger's: „Man muss aber nicht glauben, dass dem Dr. Schrön meine Arbeiten unbekannt waren" etc., geht zur Genüge hervor, dass mir Pflüger die niedrige Gesinnung unterschiebt, als hätte ich mich mit seinen Federn schmücken wollen.

Ich werde ihn vom Gegentheil überzeugen.

1) Werde ich ihm durch höchst respectable Zeugen beweisen, dass meine Ansichten über den Eierstock schon fixirt waren, und zwar vollständig im Sinne meiner später erschienenen Schrift, zu einer Zeit, wo Pflüger laut seiner eigenen Vorrede seine Untersuchungen über den Eierstock noch nicht begonnen hatte. Dies beweise ich ihm durch die Zeugschaft der Herren Professoren Thiersch und Will in Erlangen, denen ich vom Monat December 1860 — März 1861 sehr häufig Präparate über den Eierstock der Katze vorlegte, durch welche ich den genannten Herren den Beleg zu geben suchte für meine Ansicht, dass die Vorstufe der Eizelle die Corticalzelle sei, und dass die Bildung des Follikels als etwas Secundäres angesehen werden müsse, welche in der Regel erst nach stattgehabter Ortsveränderung der Corticalzelle vor sich gehe. Ferner beweise ich dies durch die Zeugschaft der Herren Professoren Bischoff, Buhl, v. Siebold, Voit in München, denen ich im Laufe der Monate Mai — Juli 1861 eine Anzahl von Präparaten über den bezeichneten Gegenstand vorlegte, bei deren Vorzeigung ich die Ehre hatte, denselben meine

Digitized by Google

Ansichten über die Entwicklung des Säugethier-Eies genau auseinander zu setzen.

Ich erinnere mich noch ganz gut, mit den Herren Buhl, Bischoff und v. Siebold über die erste vorläufige Mittheilung Pflüger's, welche den Fund brachte, dass der Eierstock aus Schläuchen bestehe, gesprochen zu haben, und habe auch noch ganz gut im Gedächtniss, dass wir Angesichts einer grossen Auswahl von Präparaten über den Eierstock verschiedener Säugethiere und des Menschen uns durchaus nicht überzeugen konnten von den Pflüger'schen Schläuchen. Ich führe dies nicht etwa an als eine Widerlegung der Existenz der Pflüger'schen Schläuche, sondern um dem Leser zu zeigen, wie wenig wünschenswerth es mir erscheinen konnte, mich durch Pflüger's Fund zu bereichern.

2) Werde ich Pflüger durch Zeugen beweisen, dass die beiden ersten Zeichnungen zu meiner Schrift, in welchen meine ganze Anschauung über den Bau des Ovarium versinnlicht ist, schon gezeichnet waren, bevor Pflüger seine zweite vorläufige Mittheilung herausgab, bevor er etwas Näheres veröffentlicht hatte, als dass der Eierstock ein Convolut von Drüsenschläuchen sei.

Ich beweise dies durch Folgendes.

Pflüger's zweite vorläufige Mittheilung, welche ich bis gestern nicht gekannt habe, und welche nach Pflüger das Original sein soll für die Copie, die ich unter meinem Namen und unter dem Titel: „Beitrag zur Kenntniss der Anatomie und Physiologie des Eierstocks der Säugethiere" (Zeitschrift für wiss. Zoologie, XII. Band, 3. Heft, 1862) drucken liess, erschien am 8. Januar 1862. Selbst wenn ich dieselbe gekannt hätte, und die verwerfliche Absicht gehegt, Pflüger zu berauben, so wäre es am 8. Januar hiezu zu spät gewesen, da ich bereits am 28. November mit den beiden ersten Zeichnungen, in welchen alle fraglichen Punkte einen bestimmten Ausdruck gefunden haben, fertig war, was mir die Herren Buhl, v. Siebold und De Filippi, denen ich Anfang December 1861 vor meiner Abreise von München die Bilder vorlegte, und die Herren Thiersch und Will, denen ich dieselben bei meiner Ankunft in Erlangen zeigte, bekräftigen werden.

Digitized by

Da ich mit Ausnahme einiger Details über das *corpus luteum* hinsichtlich derjenigen Thatsachen, die ich in meiner Schrift über den Eierstock niedergelegt habe, schon im März 1860, also *vor* jeglicher Mittheilung Pflüger's, ja wie es scheint sogar vor Beginn seiner Untersuchungen vollkommen im Reinen war, und sicher in Aussicht stand, dass sich durch das Anfertigen der nöthigen Zeichnungen die Veröffentlichung meiner Theorie der Eibildung noch lange verzögern würde, so wurde mir von einigen mir befreundeten Herren Professoren, wie Thiersch und v. Siebold, der Vorschlag gemacht, meinen Untersuchungsresultaten durch eine *vorläufige Mittheilung* in einer Zeitschrift die Anerkennung der Priorität zu sichern. Ich unterliess dies jedoch da ich einerseits noch nicht mit jener Aengstlichkeit an Priorität oder Nichtpriorität dachte, die mir meine jetzigen Erfahrungen über diesen Gegenstand zur Pflicht machen, andrerseits von der Vorstellung ausging, dass der Begriff der Priorität im Grunde doch nichts Anderes sagen wolle, als dass ein Forscher eine Thatsache zuerst gesehen und urtheilsfähigen Fachmännern gegenüber ausgesprochen habe, so dass es sich schliesslich doch immer mit Leichtigkeit ermitteln lassen könne, um wessen Eigenthum es sich vom historischen Standpunkte der Wissenschaft aus handle.

Ich machte also keine vorläufigen Mittheilungen, sondern fuhr fort mit denjenigen Herren Professoren, die Interesse für meine Eierstocksarbeiten hatten, ganz rückhaltslos über diesen Gegenstand zu sprechen, und denselben meine Präparate hierüber zu zeigen, so dass schliesslich die Herren Bischoff, Bruns, Buhl, Gerlach, De Filippi, Kussmaul, Moleschott, Müller in Kiel, Thiersch, v. Siebold, Will, Zenker und mehre andere meine Präparate über den Eierstock gesehen, und meine Ansichten über denselben von mir gehört hatten, bevor eine Veröffentlichung derselben in der Zeitschrift von v. Siebold und Kölliker stattgefunden hatte.

Dass sich die Veröffentlichung meiner Untersuchungen so lange hinauszog, war mir selbst sehr unangenehm, liess sich jedoch nicht ändern, da ich mir vorgenommen hatte den Hauptwerth meiner Arbeit in die wahrheitsgetreue bildliche Darstellung durch ausführliche Zeichnungen zu legen. Wer meine Zeichnungen genauer betrachtet und

Digitized by Google

ein Urtheil über derartige Dinge hat, wird finden, dass man dieselben nicht in einer Woche, auch nicht in einem Monat machen kann. Hiezu kam auch noch, dass ausser dem Anfertigen der Zeichnungen für meine Arbeit mich Zeichnungen zu dem Werke von Prof. Thiersch über den Hautkrebs beschäftigten, sowie die Vorbereitungen für einen längeren Aufenthalt in Italien mich in Anspruch nahmen, so dass es wohl begreiflich erscheinen mag, dass ich nur mit halber Arbeitskraft mich der Veröffentlichung meiner Beobachtungen über den Eierstock widmen konnte, und erklärlich, *dass mir die zweite, sowie alle nachfolgenden vorläufigen Mittheilungen* Pflüger's *entgingen.* Im Juni 1862 legte ich Text und Zeichnungen meiner Arbeit über den Eierstock der medicinischen Facultät zu Erlangen als Dissertation vor, reiste Ende Juli nach Italien ab, während erst im November 1862 der besprochene Aufsatz in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie erschien.

Nachdem ich durch die Schilderung des geschichtlichen Ganges meiner Untersuchungen den Nachweis geliefert habe, dass weder von einer Verwendung Pflüger'scher Ideen oder Beobachtungsresultate bei Abfassung meiner Arbeit, noch von einer positiven Beeinflussung meiner Untersuchungen durch die Pflüger'schen vorläufigen Mittheilungen die Rede sein kann, werde ich mir noch erlauben so kurz als möglich den Beweis zu liefern, dass die Grundzüge meiner Arbeit denen der Pflüger'schen in vielen Punkten gerade entgegengesetzt sind, was Pflüger sehr leicht in meiner Arbeit hätte finden können, wenn sein Gedankengang in dieser Sache mehr unter dem Einfluss von wissenschaftlichem als von persönlichem Interesse gestanden wäre. Bevor ich hierauf eingehe, werde ich noch zwei andere Punkte berühren, die auch zu meiner Rechtfertigung gehören.

Pflüger wundert sich darüber, dass ich *zufällig mit ihm* das beste Untersuchungsobject, den Katzen-Eierstock, ausgemittelt habe. In dieser Sache muss ich ihm die Beruhigung geben, dass ich denselben weder *zufällig* noch *mit ihm,* sondern mit *Ueberlegung* und *vor ihm* zum hauptsächlichen Gegenstand meiner Untersuchungen gemacht habe. Ersteres, weil jeder, der den Eierstock der Katze mit den Ovarien

Digitized by

anderer Säugethiere vergleicht, sehr rasch zu der Anschauung kommen muss, dass der Katzen-Eierstock neben dem Eierstock der Ratte die leichteste Uebersicht gewährt und die schärfst gezeichneten Bilder enthält, letzteres da ich schon im December 1860 den Katzen-Eierstock als Hauptobject gewählt hatte, während Pflüger laut der Vorrede zu seiner letzten Abhandlung erst im März 1861 die Untersuchungen über den Eierstock aufgenommen hat.

Ferner hält sich Pflüger darüber auf, dass ich mit ihm die gleiche Aufschrift zu meinem Aufsatz gewählt habe. Diese Sache ist eigentlich zu unbedeutend, um dem wissenschaftlichen Forum, dem ich diese Angelegenheit vortrage, zuzumuthen, derselben seine Aufmerksamkeit zu schenken, und ich will Herrn Pflüger nur versichern, dass ich mir auf die Individualität eines sachlichen Titels für eine wissenschaftliche Untersuchung, deren Werth ich nicht überschätzen möchte, so wenig einbilde, dass ich wahrscheinlich die für Pflüger so anstössige Wiederholung selbst dann nicht vermieden haben würde, wenn ich Pflüger's Titel gekannt hätte, da die von mir gewählte ganz einfache Ueberschrift meines Aufsatzes genau dem Inhalt entspricht.

Nun zum letzten Punkt. Ich will nämlich nachweisen, dass nur in zwei Dingen eine Uebereinstimmung zwischen den Untersuchungsresultaten von Pflüger und mir besteht, während wir in unseren anderen Anschauungen eine gerade entgegengesetzte Position einnehmen.

Die wesentlich neuen Punkte, in denen Pflüger und ich übereinstimmend sind:

1) Die secundäre Bildung des Follikels.

2) Die Locomotion der Eizelle.

In der Erklärung selbst dieser beiden übereinstimmenden Untersuchungsresultate sind wir so verschiedener Ansicht, dass jeder, der vorurtheilsfrei den Weg, auf dem wir zu den gleichen Resultaten gekommen sind, prüft, sich sagen muss, von einer Beeinflussung Schrön's durch Pflüger kann hier nicht die Rede sein. Ich will etwas näher hierauf eingehen.

Pflüger sagt in seiner zweiten vorläufigen Mittheilung, die mir bis gestern unbekannt war und deren Inhalt er in seinem Werke von Seite 106—112 angiebt, der Eierstock bestehe aus

Digitized by Google

Schläuchen, deren sich verjüngende Enden gegen die Peripherie des Eierstocks zu gelagert seien, in diesen Drüsencanälen bildeten sich Zellen, die man im Schlauch fortkriechen sehe, die dann einen äusseren Zellenbeleg (die *Membrana granulosa*) vom Schlauchepithel bekämen und schliesslich den Follikel anlegten. Diese Zellen vermehrten sich im Inneren des Drüsenschlauchs durch Theilung.

Ich sage in meiner Abhandlung über den Eierstock:

Dass der Eierstock nicht aus Schläuchen bestehe, sondern aus einem bindegewebigen Stroma etc., dass im Vorstadium der Begattungszeit der Thiere sich eine Corticalschicht von Zellen unter der Albuginea des Eierstocks bilde, die unter dem Einfluss periodisch wechselnder Thätigkeiten zu stehen scheine und die gefässlos sei. Die Zellen dieser Schicht vermehrten sich wahrscheinlich nicht durch Theilung, sondern nach meinen Untersuchungen neigte ich mich mehr zur freien Zellenbildung für diesen Gegenstand, ohne mich jedoch bestimmt darüber zu entscheiden. Ferner sage ich nicht, dass die Locomotion in einem Schlauch stattfinde wie Pflüger, sondern im freien Eierstocksstroma durch *vis a tergo* und das sich Zwischendrängen kleiner Zellen.

Ferner sage ich die Anlage der *membrana germinativa* erfolge aus den Bindegewebskörperchen und das Ei bekomme erst Gefässe, wenn es als Corticalzelle die Rinde des Eierstocks verlassen und sich im Stroma eingebettet habe, während Pflüger sagt, die Anlage der *Membrana granulosa* erfolge durch die Epithelzellen der Drüsenschläuche und die jungen Eizellen seien durch die Blutbahnen der Drüsenschläuche immer von Gefässen umgeben.

Es würde mich zu weit führen wollte ich jetzt auf alle die Differenzen zwischen Pflüger's und meinen Ansichten eingehen.

Wer Pflüger's und meine Arbeit über den Eierstock vergleicht wird finden, dass wir auf ganz verschiedenen Wegen und bei ganz ungleicher Auffassung des Gesehenen zu einigen gleichen Resultaten gekommen sind, die jedoch für uns nur in ihrer Aeusserlichkeit eine gewisse Gleichheit haben können, da wir sowohl was Entstehung als weitere Entwickelung der fraglichen Gebilde betrifft ganz differenter Ansicht sind.

Digitized by

Wer meine Präparate über die Eierstöcke der Säugethiere gesehen hat, der wird mit mir übereinstimmen, wenn ich sage, dass jeder der Schlüsse, die ich in meiner Arbeit über den Eierstock niedergelegt habe, eine Nothwendigkeit war, die einen tieferen Grund hatte, als das Verlangen für mich hätte haben können, Pflüger seiner vermeintlichen für ihn so werthvollen Entdeckungen zu berauben.

Ich kann mir, wenn ich Pflüger's Polemik gegen mich aufmerksam durchlese, auch gar nicht denken, dass derselbe wirklich durchdrungen ist von der Ueberzeugung, dass ich ihn beraubt habe oder habe berauben wollen, sonst würde er consequenter in seinen Aeusserungen gegen mich sein. So sagt er z. B.: Am Anfang seiner Polemik gegen mich, *meine Arbeit sei weitaus die beste, die seit seinen Mittheilungen über diesen Gegenstand erschienen sei.* Weiter unten giebt er einen Passus, dessen Sinn der ist, dass *Alles Neue und Gute, was meine Arbeit enthalte und noch viel mehr als dieses bereits in seiner zweiten vorläufigen Mittheilung veröffentlicht sei und dass ich den Leser zu täuschen suche, indem ich ihn glauben machen wolle, dass die von mir veröffentlichten Untersuchungsresultate mein eigner Fund seien.* Gegen das Ende seiner Arbeit sagt Pflüger: Schrön *war offenbar nahe daran die ganze Oogenese zu finden, denn er hat dies und dies gesehen,* und schliesst sein Werk mit den Worten: *Ich hoffe, dass bald noch der letzte Punkt zwischen uns beseitigt sein wird, in welchem wir nicht übereinstimmen.* In diesen verschiedenen Aeusserungen spricht sich ein Stimmungswechsel aus, der nicht in dem festen Grunde einer bestimmten und entschiedenen Anschauung wurzeln kann.

Als um so gewissenloser muss es daher angesehen werden, wenn Pflüger einer blossen augenblicklichen Regung nachgebend, ohne reifliche Ueberlegung und ohne ernste Prüfung der Thatsachen, die Ehre eines Anfängers antastet, die ihm, dem gereiften Forscher, heilig sein sollte.

Ich glaube nun genug über diesen Gegenstand gesprochen zu haben, denn ich habe erstens Zeugen angeführt, die nicht anstehen werden zu bekräftigen, dass ich all' die Resultate, von denen Pflüger sagt, ich habe sie von ihm entlehnt, auf Grund meiner Präparate aus-

Digitized by Google

gesprochen habe lange bevor Pflüger's zweite vorläufige Mittheilung, die ich copirt haben soll, erschien.

Ich habe zweitens den Nachweis geliefert, dass meine beiden ersten Zeichnungen, die Alles ausdrücken, was für die in Rede stehenden Fragen werthvoll ist, schon vor dem Erscheinen von Pflüger's zweiter vorläufiger Mittheilung zu Papier gebracht waren, und glaube drittens dargethan zu haben, dass die Einzelheiten meiner Untersuchungsresultate und der daraus resultirenden Schlussfolgerungen, in zu vielfachem Widerspruch mit den Pflüger'schen stehen, als dass bei Erwägung derselben noch die Selbstständigkeit meiner Untersuchungen über den Eierstock, bezweifelt werden könnte.

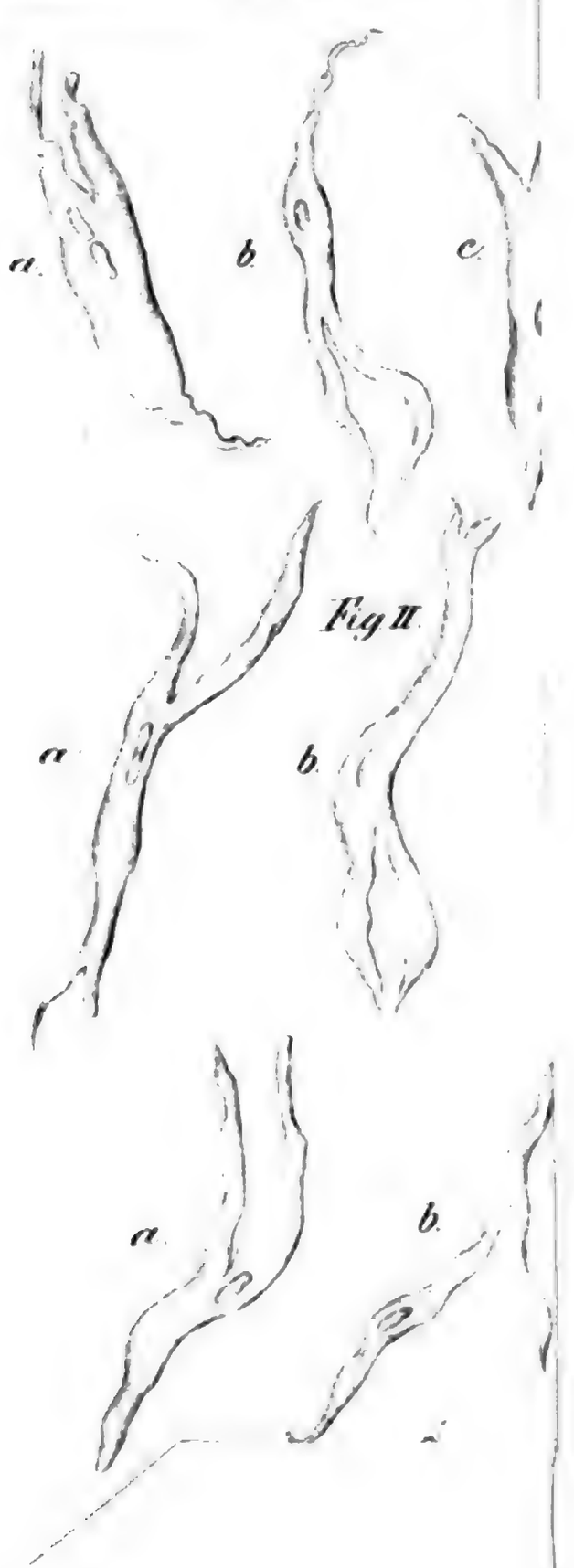
Wenn nun Pflüger die mir öffentlich gemachte Beschuldigung, dass ich das, was er für sein Eigenthum anspricht, zu dem meinigen habe machen wollen, nicht öffentlich zurücknimmt, so bin ich gezwungen, derselben den Werth einer absichtlichen Verleumdung beizulegen.

Turin, 26. April 1863.

Digitized by Google

Druck der Brühl'schen Univ.-Buch- u. Steindruckerei (Fr. Chr. Pietsch)
in Giessen.

Digitized by Google


a
b
c
Fig II
a
b
a
b

Druck

Digitized by Google

Fig. 1.

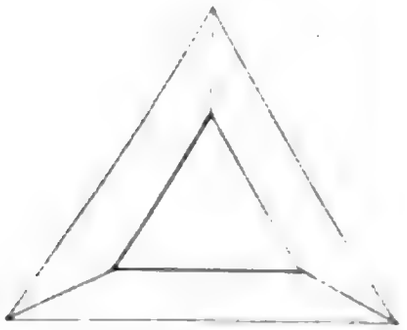


Fig. 3.

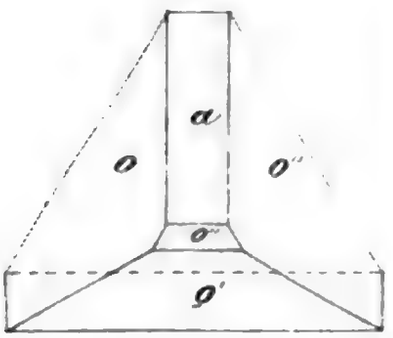


Fig. 5.

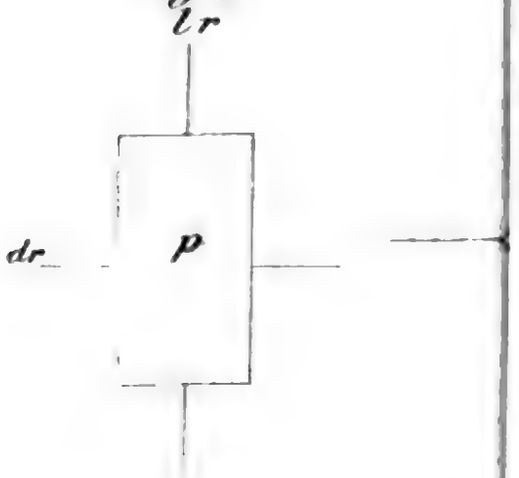
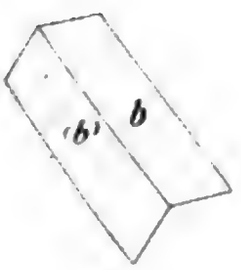


Fig. 8.



Druck

Digitized by Google

Schrön, Porenkanäle.

Fig. I.

Fig. II.

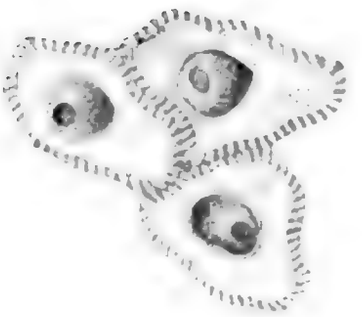
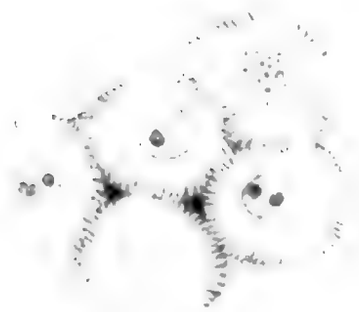


Fig. III.

Fig. IV.



Digitized by Google

VIII.

Ueber die Entwicklung von *Dichelaspis Darwinii* [1]).

Von

F. De Filippi,
Professor an der Universität zu Turin.

Nachdem Burmeister gezeigt hatte, dass die Cirridepien, welche früher zu den Mollusken gerechnet wurden, zu den Crustaceen gehören, haben viele Naturforscher die Metamorphosen dieser Thiere wiederholt zu dem Gegenstande ihrer Untersuchungen gemacht; es haben jedoch Alle vorzugsweise die Larvenformen beschrieben, und die ersten Phasen der merkwürdigen Entwicklung dieser Thiere, d. h. die Bildung der Larve im Ei, gänzlich übergangen. Die zahlreichen Exemplare von *Dichelaspis Darwinii,* welche ich hier in Turin lebend zu untersuchen Gelegenheit gefunden, haben mich in den Stand gesetzt, einige Thatsachen, die sich auf den bezeichneten Gegenstand beziehen, zu sammeln.

Die Eier unserer Art zeichnen sich aus durch ihre schöne mennigrothe Farbe. Indem sie aus den im Stiel enthaltenen Eileitern in die Eisäcke (Darwin's Eierplatten) übergehen, verwandeln sie ihre ursprüngliche Kugelform in eine verlängerte ellipsoidische Gestalt, welche an den beiden Polen regelmässig zugespitzt ist; sie messen mit dem langen Durchmesser 0,16 M. M., mit dem kleinen 0,08 M. M. Und während sie anfangs aus einem Dotter mit zugehörigem Keimbläschen bestanden, der von einer einfachen Membran umgeben war, die ich lieber *Chorion* als Dotterhaut nennen möchte, findet man sie

---

1) Neue Species, welche sehr häufig in der Kiemenhöhle von *Palinurus vulgaris* vorkommt.

Digitized by Google

in den Eisäcken von einem zweiten, sehr zarten Häutchen umhüllt, dem ich den Namen *Decidua* beilegen will, weil es in einem gewissen Zeitpunkt der Entwicklung zerreisst und abfällt.

Der Entwicklungsvorgang beginnt mit einer Furche, die aber nicht sowohl im Aequator, als vielmehr in der Nähe eines Poles gelegen ist, so dass der Dotter in zwei ungleiche Theile zerfällt (Fig. 1); darauf halbirt eine zweite Furche den kleineren Ballen (Fig. 2). Indem nun die Furchung fortschreitet, nimmt auch der zweite Ballen daran Theil; ich muss indess hier auf eine Lücke in meinen Beobachtungen hinweisen, auf einen Sprung nämlich zwischen den in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Entwicklungsstufen. Auf der letztgenannten Stufe hat die Zahl der Furchungsballen bereits zugenommen; aber es zeigt sich jetzt zwischen denselben bereits ein Unterschied, mag man sie in durchfallendem oder in auffallendem Licht betrachten. Unter den Segmenten behauptet eines, welches die übrigen an Grösse übertrifft, die ursprünglichen Merkmale des Dotters, insbesondere die Farbe und die Oeltropfen; die anderen sind durchscheinender und in auffallendem Lichte weisslich. Somit macht sich von jetzt an eine Differenzirung im Ei geltend, ein Unterschied zwischen den Bildungsballen einerseits und einem Nahrungsballen *(Cotyledon)* andererseits. Indem sich die ersteren weiter theilen, um die Bildung der Keimblase vorzubereiten, umwachsen sie mehr und mehr den Bildungsballen (Fig. 4), und wenn die Furchung vollendet und aus den Bildungskugeln schliesslich die Lage von gleichartigen Embryonalzellen hervorgegangen ist, welche die Keimblase darstellt, dann ist der Bildungsballen oder Cotyledon vollkommen eingehüllt, er liegt jetzt in der Mitte des Eies. Hier verdient es Erwähnung, dass die Bildungskugeln immer den morphologischen Charakter von wahren Zellen darbieten, indem sie mit einem wenn auch schwer zu erkennenden Kern versehen sind, und überdies das physiologische Gepräge von Zellen an sich tragen, insofern sie sich regelmässig durch Theilung vermehren. Anders verhält es sich mit dem Nahrungsballen, der sich zwar gleichfalls mit der Zeit in ein Aggregat von kleineren Kugeln verwandelt, aber von Kugeln, die ganz unregelmässige Grössenverhältnisse und keine Spur eines Kernes zeigen.

Digitized by Google

Mit dem soeben geschilderten Stadium schliesst die erste Periode der Bildungsgeschichte des Embryo von Dichelaspis ab: jetzt beginnt die zweite. Der erste Fortschritt in dieser zweiten Periode besteht darin, dass sich die Keimblase in zwei Blätter spaltet (Fig. 5): ein peripherisches, welches durchsichtiger ist, a, und ein inneres, minder durchsichtiges b), welches den Cotyledon (c) umhüllt. Diese beiden Lagen, denen man um ihrer physiologischen Bedeutung willen sehr wohl bereits übliche Namen ertheilen kann, sollen *animales Blatt* (das äussere oder peripherische) und *vegetatives Blatt* (das innere oder tiefe) heissen. Die Fig. 5, in der sie abgebildet sind, ist durchaus nicht schematisch, sondern eine ganz naturgetreue Abbildung. Ihre künftige Entwicklung entspricht derjenigen der gleichnamigen Blätter der Wirbelthiere; inzwischen wird ihre Unterscheidung, die auf den verschiedenen Grad ihrer Durchsichtigkeit gegründet ist, mit der fortschreitenden Organisation des Embryo immer weniger augenfällig. Diese Organisation beginnt hier, wie in allen Arthropoden, mit der Anlage des Bauchtheils des Thieres, und der Nahrungsdotter oder Cotyledon, nimmt allmälig die Rückenlage ein. Die Figuren 6 und 7 geben die erste Anlage des Embryo von der Fläche und von der Seite gesehen, und man erkennt bereits die erste Andeutung der Extremitäten.

Bevor ich weiter gehe, muss ich bemerken, dass das Ei von den ersten Stadien der zweiten Periode an, indem es sich etwas vergrössert, die äussere Membran zerreist, weshalb ich diese Decidua genannt habe; dabei verwandelt sich die ursprüngliche, regelmässig ellipsoidische Form des Eies in eine mehr verlängerte, und während das eine Ende allmälig stumpfer wird, spitzt sich der entgegengesetzte Pol immer mehr zu. Man vergleiche die Figuren 6, 7, 8, mit den vorhergehenden 1, 2, 3. In der Regel beginnt diese Veränderung gerade auf der Stufe, die in den Figuren 6 und 7 dargestellt ist, und dann sieht man im Sehfelde des Mikroskops zwischen den Eiern die Bruchstücke der zerrissenen Deciduae; in seltenen Fällen reisst jedoch die Decidua viel früher, und auf einen dieser Ausnahmsfälle bezieht sich die Fig. 4, wo man in a einen Zipfel der in Rede stehenden zerrissenen Haut erblickt. Minder selten kommt es vor, dass

Digitized by

die Decidua derber ist und sich länger behauptet, und in einigen Exemplaren von *Dichelaspis Darwinii* fand ich die Embryonen schon weit in ihrer Entwicklung vorgeschritten und dessenungeachtet noch von beiden Membranen umgeben, während das Ei noch die ursprüngliche Gesammtform beibehielt.

Wenn der Embryo vollkommen entwickelt ist, dann hat das Ei, welches im Begriffe steht zu bersten, die Form eines Kegels angenommen, in dessen Basis sich der Kopftheil des Thieres befindet. Dieser zeigt zwei sehr deutliche, nahe beisammen liegende, cylindrische Augen, welche beide mit einer Linse und einem rothen Pigment versehen sind (Fig. 8, b). In dem Körper des Embryo bemerkt man auf dieser Stufe und ebenso in der ausgeschlüpften Larve eine feinkörnige Substanz, welche namentlich im Umkreis des Dotters angehäuft und so vertheilt ist, dass sie verschiedene Ringe um denselben bildet (Fig. 8). Dieselbe Substanz erstreckt sich in die Höhle einiger Organe des thierischen Lebens, so z. B. in das Innere der Beine und in zwei kleine Höhlen (Fig. 8, a), die sich am Kopf befinden und die ich, wenngleich nicht ohne alles Bedenken, für Rudimente von Gehörorganen halten möchte. Diese eigenthümliche Anordnung der körnigen Substanz lässt glauben, dass dieselbe ein Lacunarsystem einnimmt, ähnlich demjenigen, durch welches in den Insekten der Nahrungssaft kreist.

Die frisch ausgeschlüpfte Larve zeigt alle die allgemeinen Charaktere, welche von den Cirripedien bereits bekannt sind; indem ich eine Abbildung beifüge (Fig. 10), will ich mich auf eine Beschreibung der einzelnen Merkmale nicht einlassen. Diese Larve verweilt noch längere Zeit in den Eisäcken und entwickelt sich weiter, indem sie an Umfang immer noch zunimmt. Die Hervorragung am Bauche, die in der jungen Larve so gross ist, verkürzt sich rasch, und zu derselben Zeit verlängert sich der Schwanz ansehnlich, um sich in ein mächtiges Bewegungsorgan zu verwandeln. Die beiden Augen, die anfangs so deutlich getrennt waren, verschmelzen zu einem einfachen Auge. Auch für dieses Wachsthumsstadium, in welchem die Form der Larve für das Genus so charakteristisch ist, will ich mich darauf beschränken, eine Abbildung mitzutheilen (Fig. 11), in welcher

Digitized by Google

a die Hervorragung am Bauche, b die Gehörorgane (?), c das Auge, d die Ranken bedeutet. In diesem Zustande verlässt die Larve den Körper der Mutter, und es gelingt nicht mehr, ihre weiteren Umwandlungen zu verfolgen. Jedenfalls muss sie noch längere Zeit herumschwimmen und eine fernere Metamorphose erleiden, bevor sie sich auf den Kiemen von Aragosta festheftet. Ich habe schon anderwärts auf den Umstand hingewiesen, dass sämmtliche Exemplare von *Dichelaspis Darwinii,* die in der Kiemenhöhle des genannten Krustenthiers festsitzen, die Form des ausgewachsenen Thieres zeigen und so weit entwickelt sind, dass ihre Grössenverhältnisse nur in engen Grenzen schwanken, zum Unterschiede von dem, was bei anderen Lepadiden beobachtet wird.

Endlich füge ich in Fig. 9 eine Abbildung der Spermatozoiden von Dichelaspis in drei Entwicklungsperioden bei; zunächst den Kopf allein mit dem hinteren Faden versehen, sodann mit einem Ansatz zu einem zweiten vorderen Faden, und schliesslich diesen zweiten Faden weiter entwickelt, wie es für die reifen Spermatozoiden charakteristisch ist.

Gehörorgane (?). Aeussere Kennzeichen des Capitulum.

Fig. 12, 13.

Zu beiden Seiten der Basis des ersten Rankenpaares, d. h. derjenigen Ranken, die ich als Kieferfüsse bezeichnet habe, findet man bei *Dichelaspis Darwinii,* so wie überhaupt bei allen Cirripedien, eine Höhle, welche ein häutiges Säckchen einschliesst. Dieses räthselhafte Organ, welches zuerst von Darwin bei *Ibla Cumingii* und bei *Conchoderma virgata* [1]) beschrieben wurde, ist von diesem Forscher vermuthungsweise als Gehörorgan angesehen worden. Krohn dagegen, der es bei *Lepas anatifera* und bei *Balanus tintinnabulum* näher untersucht hat, ist ganz anderer Ansicht, weil er gefunden haben will, dass das Ende des Eileiters in das Säckchen übergeht [1]). Ich lasse seine Worte hier folgen:

„Innerhalb des erweiterten Endes der Oviducte findet sich, bei

[1]) A Monograph of Cirripedia. *Lepadidae,* p. 53.

Digitized by Google

„der Mehrzahl der zu untersuchenden Individuen, ein eigenthümliches, „höchst räthselhaftes Gebilde. Es ist ein verhältnissmässig ansehn- „licher, von den Seiten mehr oder minder stark comprimirter Sack, „der mit einem sehr kurzen, hohlen Stiele oder Halse, dem Grunde „der Erweiterung gerade in der Gegend ansitzt, wo der Eierleiter in „sie übergeht. Durch den Stiel, dessen Lumen auf diese Weise ge- „gen das des Eierleiters offen steht, communicirt demnach der Sack „mit dem letzteren.“ . . . . .

„Darwin hat bereits den Verlauf der Eierleiter von den Ova- „rien an bis zu den Speicheldrüsen beschrieben, und sind seine „Angaben, namentlich insoweit es sich um die Eierleiter der Lepadiden „handelt, schon sehr genau. Den weiteren Verlauf der Oviducte „hat er übersehen, kennt dagegen recht wohl den Vorsprung am „Basalgliede des ersten Rankenfusses, die in ihm liegende End- „erweiterung des Eierleiters, ihre Aussenmündung und den proble- „matischen Sack. Von allen diesen Theilen giebt er eine aus- „führliche, über mehrere Arten ausgedehnte Beschreibung. Das „Ganze deutet er auf ein Gehörorgan, indem er die Erweiterung „für einen Gehörgang *(meatus)*, den problematischen Sack für das „Hörsäckchen ansieht.“

„Es fragt sich schliesslich, welche Bedeutung kommt den proble- „matischen Säcken zu? Berücksichtigt man die oben näher erörterte „Communication der Säcke mit den Eierleitern, so drängt sich wohl „zunächst der Gedanke auf, dass sie zur Aufnahme der ihnen von „den Oviducten zugeführten Eier bestimmt sein könnten. So liegt „denn ferner die Vermuthung nahe, dass die Säcke allmälig zu „den Brutsäcken oder den sogenannten Eierplatten *(ovigerous lamellae „Darw.)*, die man bei trächtigen Thieren bekanntlich zu zweien an der „Wand des Mantelsackes angeheftet findet, sich umbilden dürften. „Den näheren Hergang bei dieser Umbildung stelle ich mir, wie „folgt, vor. Zunächst tritt der Sack, durch das erste Quantum der „in ihn herabsteigenden Eier ausgedehnt, aus der Mündung der End- „erweiterung des Eierleiters, mit dem er durch seinen Hals in Verbin-

---

[1]) Troschel, Archiv, 1859, S. 355 u. folg.

Digitized by Google

„dung bleibt, frei in die Mantelhöhle vor. Durch die nachrückenden „Eier dehnt er sich, stets auf Kosten seiner Wandung, immer mehr „und mehr aus, bis er endlich, nachdem die ganze Eierbrut sich in „ihn entleert hat, von seiner Verbindung mit dem Eierleiter sich „loslöst. (Es ist schon oben angedeutet, dass man die problema- „tischen Säcke bei einzelnen Individuen vermisst.) Er wird dann, „vielleicht nicht ohne Beihülfe des vordersten Rankenfusses, an die „zu seiner Anheftung bestimmte Stelle des Mantelsackes gebracht."

Die Kleinheit der *D. Darwinii* hat mir es nicht gestattet, die von Krohn zwischen dem zweifelhaften Organ und dem Ende des Eierleiters gefundenen Verhältnisse zu prüfen; zum Ersatze dafür hat mich aber die Durchsichtigkeit der Gewebe einige Structurverhältnisse erkennen lassen, welche zur Aufklärung der Frage beitragen können. Die Fig. 13 stellt das Gebilde dar, welches ich nach wie vor als Gehörwerkzeug bezeichnen will. In einer Höhle, deren Wände mit den umgebenden Geweben verschmolzen sind, sieht man einen birnförmigen Sack, oder besser gesagt eine Ampulle, und auf dem Halse dieser bei a viele zarte Streifen, die unter einander und zur Achse der Ampulle parallel sind. Da ich anfangs zweifelte, ob der Anschein dieser Streifchen vielleicht von Fältchen der Membran herrührt, so habe ich einige Säckchen isolirt, und darauf konnte ich mich genauer überzeugen, dass jene Streifen zarten und einfachen Nervenfasern entsprechen, die in der glashellen, ziemlich mächtigen und festen Substanz enthalten sind, welche die Wand der Ampulle bildet. Dieser Umstand scheint mir deutlich für Sinnesorgane und zu Gunsten der Meinung von Darwin, der sie für Hörsäckchen hält, zu sprechen.

Ich will zum Schlusse hier eine Abbildung von dem Capitulum von *Dichelaspis Darwinii* geben und für diejenigen, denen die Nomenclatur der Schalenstücke, wie sie der ausgezeichnete englische Forscher für die Cirripedien vorgeschlagen hat, noch nicht geläufig sein sollte, hinzufügen, dass a (Fig. 12) der Rücken, b der Schild mit seinen beiden Segmenten: dem Schlussstück b′ und dem Basalstück b″, c der Kiel ist.

Digitized by

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Ei mit der ersten Furche.
„ 2. Ei, in welchem auch die zweite Furche gebildet ist.
„ 3. Ei, in welchem der Furchungsprocess schon vorgeschritten ist: man sieht in demselben viele Entwicklungsballen und einen Nahrungsballen (Nahrungsdotter).
„ 4. Noch weiter in der Entwicklung vorangeschrittenes Ei: die Zahl der Furchungsballen ist gewachsen, und der Dotter ist im Begriff sich nach innen zu begeben. Das äussere Häutchen oder die Decidua ist zufällig zerrissen, und man sieht in *a* einen Fetzen davon.
„ 5, Ei, welches in die zweite Entwicklungsperiode eingetreten ist. Die Keimhaut ist schon in zwei Blätter differenzirt: *a* animales Blatt, *b* vegetatives Blatt, *c* Dotter.
„ 6. Embryo vom Rücken gesehen.
„ 7. Derselbe im Profil gesehen.
„ 8. Junge Larve noch im Eie eingeschlossen; *a* in den Gehörhöhlen (?) enthaltene Körner; *b* die beiden nahe beisammen stehenden Augen.
„ 9. Spermatozoiden.
„ 10. Junge Larve kaum aus dem Ei geschlüpft.
„ 11. Mehr entwickelte Larve, in dem Augenblick, in welchem sie den Körper der Mutter verlässt, um frei zu schwimmen: *a* Hervorragung am Bauche; *b* Gehörbläschen (?); *c* einfaches Auge, welches aus der Verschmelzung der beiden primitiven Augen hervorgegangen ist.
„ 12. Capitulum von *Dichelaspis Darwinii*: *a* Rücken; *b* Schild, von welchem *b'* das Schlusssegment, *b''* das Basalsegment, *c* der Kiel ist [1]).
„ 13. Ein Gehörorgan (?) stark vergrössert: *a* Nervenfasern.

---

[1]) Die allgemeine Form des Capitulum ist in dieser Species sehr verschieden, und ich muss bemerken, dass sie gewöhnlich mehr herzförmig und der Umriss des Kiels mehr geschweift ist.

Digitized by Google

IX.

Allgemeine Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Thiere.

Von

F. De Filippi,
Professor an der Universität zu Turin.

Meine Beobachtungen über die Entwicklung der Cirripedien haben mich dazu geführt, die Entwicklung des Eies in der Thierreihe im Allgemeinen zu betrachten und zu versuchen, ob es nicht möglich sei, die Einheit in der Mannichfaltigkeit eines so wichtigen und fondamentalen physiologischen Vorgangs herzustellen. Nachdem man einmal als erste und allgemeine Phase der Entwicklung des Embryo im Eie die Furchung oder Zerklüftung des Dotters erkannt hatte, legte man der Verschiedenheit dieses Vorgangs bei verschiedenen Thieren einen grossen Werth bei, indem man die Eier mit totaler Furchung *(holoblastische Eier)* von denen mit partieller Furchung *(meroblastischen Eiern)* unterschied, und dem entsprechend Eier mit einem einfachen Bildungsdotter und Eier mit zwei Dottern: dem Bildungsdotter und dem Nahrungsdotter, annahm.

Diese Unterscheidung, welche dem philosophischen Grundsatz von der Einfachheit der Naturgesetze zu widersprechen scheint, stimmt keineswegs zu den natürlichsten zoologischen Classificationen, nicht einmal innerhalb der engen Grenzen einer Klasse, und dieser Um-

Digitized by

stand im Verein mit der Bedeutung des erwähnten philosophischen Grundsatzes muss die Vermuthung erwecken, dass der besprochene Unterschied lediglich formeller Natur ist und das Wesen der Sache nicht berührt. In der That so verhält es sich.

Zwischen die partiellen und totalen Furchungen, die als typisch gelten, z. B. zwischen diejenigen, die in den Eiern der Knochenfische beobachtet werden, und diejenigen in den Eiern der Wassersalamander, braucht man nur die Eier mit totaler, aber unsymmetrischer Furchung einzuschieben, um alle möglichen Uebergänge zwischen den beiden Aeussersten aufzufinden, so dass die Kluft, welche man hier hat sehen wollen, verschwindet. Das Beispiel der Cirripedien wird in dieser Hinsicht sehr lehrreich; denn der Dotter ihrer Eier erleidet unzweifelhaft eine totale Furchung, allein die erste Furche ist nicht äquatorial, sondern vielmehr circumpolar, so dass der Dotter in zwei ungleiche Segmente zerfällt; die nachfolgenden Furchen aber bilden sich eher in der kleinen als in der grossen Abtheilung. Wir haben jetzt nur anzunehmen, dass die erste Furche des Eies noch näher dem Pole sich bilde, und dass das bereits vorherrschende Streben zur Zerklüftung und Fortbildung in der kleineren Abtheilung des Dotters noch energischer vorwalte, um eine totale Furchung in eine partielle zu verwandeln. Diese plastische Darstellung des Thatbestandes wird durch eine rationelle Analyse keineswegs angefochten.

In dem Eie der Mehrzahl der Thiere — gleichviel ob es meroblastisch oder holoblastisch ist — lassen sich während der Entwicklung, meistens schon an der Farbe, zwei Theile erkennen: ein Bildungstheil, welcher aus wahren Embryonalzellen besteht, und ein Nahrungstheil, welcher niemals unmittelbar zur Bildung der Gewebe des neuen Individuums beiträgt und des ächten Zellencharakters entbehrt. Solchergestalt ist das Problem auf die Frage zurückgeführt, ob dieser Nahrungstheil des Embryo, der schliesslich in seinen Nahrungskanal oder in einen Anhang desselben aufgenommen wird, um den sogenannten *Cotyledon* zu bilden, aus Furchungskugeln besteht, oder aus einer einzigen, ungetheilten, als solche ursprünglich vorhandenen Masse, welche eben als Nahrungsdotter anzusprechen wäre. Aber selbst wenn man die Frage so stellen will, verliert sie ihre an-

Digitized by Google

scheinende physiologische Bedeutung, sowie man diesen Nahrungsdotter *als eine ursprüngliche Abtheilung des Eies betrachtet, und nicht etwa als ein neben dem eigentlichen Eie vorhandenes Gebilde.* Die Frage dreht sich dann zuletzt um einfache Unterschiede des Grades und der Zeit bezüglich eines und desselben physiologischen Hergangs, welcher in dem Gegensatz zwischen dem cotyledonalen und dem Bildungstheil des künftigen Embryo besteht. Dieser Gegensatz kann sich sehr früh, früh oder auch mehr oder minder spät in den Eiern verschiedener Thiere offenbaren; und hierin bestehen vorzüglich die Unterschiede, welche in der Entwicklung der Eier selbst wahrgenommen werden. In zweiter Reihe kann der Unterschied in der verschiedenen Ausbildung des cotyledonalen und des embryonalen Theils des Eies bestehen; aber auch darauf ist kein zu grosser Werth zu legen. Der erstgenannte überwiegt in der Regel den zweiten in den Eiern mit sogenannter partieller Furchung, er kann aber auch in denen mit totaler Furchung vorherrschen, so z. B. bei den Mollusken. Den interessanten Beobachtungen von Gegenbaur über die Entwicklung der Pteropoden kann man ein schönes hierher gehöriges Beispiel entnehmen [1]). Bei den Hyaleen, bei den Tiedemannien ist die Furchung eine totale: aber kaum ist der Dotter in vier Segmente zerfallen, dann spricht sich die Differenzirung aus, und nur ein einziges Segment schreitet in der Theilung weiter, um die Keimhaut zu bilden, während die drei anderen zurückbleiben und den cotyledonalen Theil darstellen. Obwohl also die Furchung ursprünglich total ist, nimmt sie bald das Gepräge einer partiellen Furchung an: die cotyledonale Substanz hat das Uebergewicht, allein sie besteht aus Furchungsballen. In den Cirripedien dagegen haben wir zwar gleichfalls eine totale Furchung, allein die Masse der Embryonalzellen überwiegt den cotyledonalen Theil, indem dieser im Anfang aus einem einzigen Ballen besteht, wie in den ächten Fällen einer partiellen Furchung. Um also die meroblastischen Eier im Gegensatz zu den holoblastischen scharf zu charakterisiren, kann das Vorherrschen des cotyledonalen

---

[1]) Gegenbaur, Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden, Leipzig 1855.

Digitized by

Theils (des Nahrungsdotters) über den eigentlichen Keim nicht dienen, und ebenso wenig die Entstehung des cotyledonalen Theils aus einer einzigen Furchungskugel.

Die Thatsache, dass der cotyledonale Theil des Eies aus einem oder mehreren Ballen besteht, ist noch aus folgendem Grunde bedeutungslos. Gleichviel zu welcher Zeit sich die Differenzirung zwischen dem Bildungstheil und dem cotyledonalen Theil des Eies geltend macht, alles Zellenleben bezieht sich nur auf ersteren, und der zweite ist nichts als eine Absonderung, sei es von einer einzigen Zelle, wie in den gewöhnlichen Fällen partieller Furchung, oder von mehreren Zellen, wie in jenem totaler Furchung. Selbst wenn die cotyledonale Substanz, aus Furchungsballen bestehend, das Ansehen eines Zellenaggregates darbietet, so stellt sie doch niemals ein solches in Wirklichkeit dar: *diese Pseudozellen sind unthätige Kugeln ohne Kern.*

Nehmen wir das Ei der Knochenfische als Typus, um die partiellen Furchungen richtig zu deuten. Jene erste circumpolare Furche, die von mir im Anfange dieser Abhandlung angenommen wurde, bildet sich wirklich im Ei der Knochenfische und zerlegt den Dotter sogleich in zwei Furchungsballen, einen grossen, den sogenannten Nahrungsdotter, und einen anderen, verhältnissmässig sehr kleinen, den Bildungsdotter. Alle wesentlichen Merkmale der Zelle sind von jetzt an in dem letzteren zusammengefasst; in ihm finden die fortschreitenden Furchungen statt, welche zur Bildung der ersten Embryonalzellen führen. Durch einen ganz gleichen Vorgang bildet sich die Narbe im Hühnerei, während es durch den Eileiter hindurchgeht, und diese Narbe bildet sich somit nicht aus einer unabhängigen Zelle, welche einem besonderen Dotter aufläge, sondern aus einer Zelle, die sich durch den eingeleiteten Furchungsvorgang vom Dotter getrennt hat. Die Sache wird sogleich klar, wenn man die Zählung der Furchen, wie sie gewöhnlich vorgenommen wird, um eine Zahl hinausrückt: jene Furche, welche für die erste gehalten wird, und den Keimhügel in zwei Theile zu zerlegen strebt, muss für die zweite gehalten werden; die erste dagegen ist diejenige, welche den Keimhügel selbst vom Dotter abgrenzt. Diese einfache Betrachtung hebt die Kluft zwischen meroblastischen und holoblastischen Eiern auf; sie nähert das

Digitized by Google

Ei der Vögel und der beschuppten Reptilien demjenigen der Knochenfische, dieses dem Eie der Amphibien und einiger Crustaceen *(Dichelaspis)*; sie zeigt uns in allen Fällen die Verwirklichung eines einheitlichen Planes mit bloss secundären Abweichungen der Form. So erfüllen sich die von Gegenbaur in einer vortrefflichen Abhandlung geschriebenen Worte: „Die bis jetzt nur beim Huhne durch „Coste und bei den Schildkröten durch Clark in Agassiz's Werke „bekannt gewordene partielle Dottertheilung ist jedoch keineswegs so „sehr gegen die totale contrastirend. Man kann sagen, dass wir auch „hier, wie so oft, die Extreme vor uns haben, und dass die Folgezeit „die Verbindungen, die durchaus nicht ausserhalb des Reiches der „Wahrscheinlichkeit liegen, aufdecken wird. Etwas Vermittelndes ist „schon längst bekannt, es findet sich in dem Furchungsprocesse des „Amphibieneies" [1]).

Nun treten wir an die grosse Klippe heran: das Ei der Säugethiere. Alle Schriftsteller gehen darin einig, dass die *membrana granulosa* des Graaf'schen Follikels und das Eichen der Säugethiere als Aequivalente des Epithels der Eierstockkapsel und des Keimbläschens sammt einem Theil des Dotters (dem weissen oder centralen Dotter) der Vögel zu betrachten seien. Die Frage dreht sich nur um den Parallelismus der zwischenliegenden Substanz, d. h. darum, ob der flüssige Inhalt des Graaf'schen Follikels zu diesem oder zum Eichen zu rechnen sei. Schon Baer und Heinrich Meckel haben diesen Inhalt als Aequivalent des gelben Dotters des Hühnereies betrachtet, und wenn man die Frage nach dem Ursprung der Dotterkugeln, welche Gegenbaur glücklicher als Meckel beantwortet hat, aus dem Spiele lässt, dann scheint es in der That, als ob diese Auffassung, sofern sie nur den morphologischen Gesichtspunkt berücksichtigt, zulässig sei. Die Säugethiere unterscheiden sich nur dadurch, dass das Eichen, oder was dasselbe ist: der Keim schliesslich durch den Keimhügel, der ihn umhüllt, von dem Aequivalente

---

[1]) C. Gegenbaur, Ueber den Bau und die Entwickelung der Wirbelthier-Eier mit partieller Dottertheilung, in Reichert's und Du Bois Reymond's Archiv, 1861, S. 491.

Digitized by Google

des Dotters getrennt wird, so dass jede weitere physiologische Beziehung zwischen den beiden gewöhnlichen Elementen des Eies abgeschnitten ist. Der frühzeitig entwickelte Gegensatz zwischen diesen beiden Elementen in dem Ei der Säugethiere bringt es mit sich, dass der Bildungstheil allein sich mit einer Membran (der *zona pellucida)* umgiebt und die Flüssigkeit des Follikels von der Bildung des cotyledonaren Theils ausgeschlossen bleibt, so dass sich bei diesen Thieren in einer spätern Zeit ein secundärer Cotyledon bilden muss.

Aus allem diesem folgt, dass die Eintheilung in meroblastische und holoblastische Eier sehr wenig natürlich ist, und dass sie höchstens, wenn man ihr nicht mehr Bedeutung beilegt als sie verdient, in einigen besonderen Fällen Anwendungen von untergeordnetem Nutzen darbietet.

Eine ganz andere Wichtigkeit besitzt das Merkmal des Lagerungsverhältnisses zwischen dem Bildungscentrum des Embryo und dem Nahrungsdotter oder dem Cotyledon. Es ist ein altes Axiom in der Zoonomie, dass die Entwicklung des Embryo mit jenem Theil beginnt, welchem die Hauptmasse des Nervensystems entspricht, während der Cotyledon an dem entgegengesetzten Theil entsteht: daher jener so deutlich ausgeprägte und beständige Gegensatz zwischen Glieder- und Wirbelthieren. Van Beneden hat dieses Merkmal zum Eintheilungsprincip der zoologischen Classification erhoben und im Anschluss an die botanische Classification das Thierreich in drei Gruppen eingetheilt: die *Hypocotyledoneen,* die *Epicotyledoneen* und die *Allocotyledoneen.* Die erste Gruppe umfasst die Wirbelthiere, bei welchen die Cotyledonarmasse am Bauche liegt; die zweite die Gliederthiere, bei denen sie am Rücken liegt; die dritte die Mollusken und die Strahlthiere, denen nur das negative Merkmal zukommt, dass sie weder zur ersten noch zur zweiten Gruppe gehören. Diese Classification stützt sich auf eine gute Grundlage, aber sie ward nur zur Hälfte durchgeführt. Sie ist einer weiteren Entwicklung fähig, wenn man die unnatürliche Vereinigung der nur zusammengewürfelten Allocotyledoneen auflöst. Vor allen Dingen müssen wir die Abtheilung der Mollusken, wie sie überall angenommen wird, gesondert betrachten, und sodann diese wiederum nach zwei ganz verschiedenen Typen

Digitized by Google

eintheilen, indem wir ein- für allemal die Cephalopoden von den Mollusken, welche im engeren und wahren Sinne den Namen verdienen, trennen. Seit dem Jahre 1840, auf dem wissenschaftlichen Congresse zu Turin, habe ich mich bemüht zu zeigen, dass die Cephalopoden eine unabhängige Hauptabtheilung des Thierreichs bilden müssen, so zwar, dass dieses auf Grundlage des Cuvier'schen Systemes nicht mehr aus vier, sondern aus fünf grossen Gruppen bestehen würde: den Wirbelthieren, Cephalopoden, Gliederthieren, Mollusken und Strahlthieren. Die Gewohnheit behauptet noch ihr Recht, und auch die neuesten Handbücher behandeln die Cephalopoden als eine Unterabtheilung der Mollusken. Nur Vogt, in seinen klassischen zoologischen Briefen, hat scharf die einen von den anderen geschieden und zwei besondere Kreise dafür aufgestellt. Und diese Trennung wird auch durch die Betrachtung der Entwicklungsweise vollkommen gerechtfertigt. Indem wir von den einzelnen Thatsachen aus der von Kölliker so meisterhaft beschriebenen Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden absehen, mag hier die Bemerkung genügen, dass der erste Theil, der sich in diesen Thieren bildet, der hintere, d. h. der Mantel ist, und der Dottersack, oder der Cotyledon, liegt ganz vorn, er hängt mit dem Munde zusammen. Bei den Mollusken findet sich genau das Gegentheil: der erste Theil, der sich bildet, ist der vordere oder der Kopf; die zuerst auftretenden Organe, bei den Cephalophoren wenigstens, sind das Segel, die Gehörbläschen, und der Cotyledon liegt hinten. So erhalten wir nach dem Van Beneden'schen Eintheilungsprincip zwei gesonderte Gruppen: die *Procotyledoneen* (Cephalopoden) und die *Metacotyledoneen* (Mollusken).

Was hiernach von Van Beneden's Allocotyledoneen übrig bleibt, giebt uns noch Gelegenheit zwei neue, gut unterschiedene Gruppen aufzustellen.

Als *Mesocotyledoneen* werden wir diejenigen Thiere bezeichnen können, bei welchen die Hauptachsen des Nahrungsdotters mit den Hauptachsen des Körpers zusammenfallen, in der Weise, dass der embryonale Theil gleichmässig den Nahrungsdotter umgiebt. Zu dieser Kategorie gehören die Würmer. Endlich bleiben die niederen Thiere übrig. Bei diesen gelingt es nicht mehr als Resultat der Furchung

Digitized by

einen Keim und einen Nahrungsdotter zu unterscheiden; es besteht hier kein Cotyledon mehr, sondern statt dessen bildet sich sehr bald eine Höhle, in welche direct von aussen die Nahrung des Embryo eindringt. Alle Strahlthiere Cuvier's würden in dieser letzten Abtheilung vereinigt sein.

Wenn man also Van Beneden's Eintheilungsprincip durchführt, dann würde das Thierreich in folgende Gruppen zerfallen:

Epicotyledoneen	Wirbelthiere.
Hypocotyledoneen . . .	Gliederthiere.
Procotyledoneen	Cephalopoden.
Metacotyledoneen	Mollusken.
Mesocotyledoneen	Würmer.
Acotyledoneen	Molluskoiden (?) Echinodermen. Coelenteraten. Protozoen.

Natürlich kann man nicht verlangen, dass alle diese Hauptabtheilungen scharf begrenzt seien. Dazu gelangt man niemals, wenn man nur eine einzige Reihe von Merkmalen, mag diese von vornherein auch noch so wichtig scheinen, zum Eintheilungsprincip erhebt. In dem vorliegenden Falle jedoch kann das vollkommene Zusammentreffen des erhaltenen Resultates mit der systematischen Gruppirung, welche auf die Gesammtheit der organischen Merkmale der Thiere gegründet ist, den Werth des Eintheilungsgrundes beleuchten, und dieser kann jedenfalls, so oft es sich um einen zweifelhaften Fall in der zoologischen Eintheilung handelt, ein weiteres Criterium an die Hand geben.

Digitized by Google

X.

Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere.

Von

G. Valentin.

Elfte Abtheilung.

§. 22.

Einige Eigenthümlichkeiten des Blutes.

Manche nicht bedeutende Gefässverletzungen erzeugen lang anhaltende Blutungen in den erstarrten Murmelthieren. Ich hatte z. B. zwei Trepanlöcher in der Mitte des Scheitels eines erwachsenen Murmelthieres angebracht, ohne die harte Hirnhaut zu treffen. Die aus der Diploë stammende Blutung war nicht bedeutend und hörte nach Kurzem von selbst auf. Schnitt ich aber später die harte Hirnhaut so ein, dass ich die obere Längsvene schonte, und nur die kleineren noch eben mit freiem Auge kenntlichen, quer verlaufenden Gefässe in der Mitte trennte, so hielt die Blutung mehr als drei Stunden an. Stand sie endlich still, so reichte die Reibung des Scheitels des Thieres gegen die Wand des Glasbehälters, in dem es aufbewahrt wurde, hin, einen abermaligen anhaltenden Blutfluss anzuregen. Das Abwischen der Wunde mit einem nassen Schwamme zog die gleiche Folge nach sich.

Ich hatte die harte Hirnhaut eines zweiten kleineren Murmelthieres in der Ausdehnung von weniger als einem Millimeter bei

Digitized by Google

der Trepanation verletzt. Die Blutung dauerte mehrere Stunden und wiederholte sich später, so wie das Thier unruhig wurde.

Das Anschneiden der äusseren Drosselvene verursachte keine so anhaltende Blutergüsse in Murmelthieren, die sich im Halbschlafe befanden oder fast völlig wach waren. Die Blutung stand vielmehr hier nach verhältnissmässig kurzer Zeit still. Dasselbe zeigte sich nach Einschnitten in die Fusssohle oder dem Anschneiden der Nagelbasis.

Die Thatsache, dass die erstarrten Murmelthiere gewissermassen Normaltypen von Blutern bilden, sowie z. B. die Gefässe ihrer harten Hirnhaut verletzt werden, darf nicht zu dem Schlusse verleiten, dass das Blut nicht gerinne. Die Blutmassen, welche auf einer kalten Metallplatte oder in einem Glasgefässe aufgefangen werden, erstarren nach einiger Zeit und selbst oft binnen Kurzem zu einer lederartigen Masse, die sich später in Blutkuchen und Serum, wie gewöhnlich, scheidet. Der Grund jener reichlichen Blutungen liegt vielmehr in dem späten Eintritte der Gerinnung. Die lange Dauer des flüssigen Zustandes der Blutmasse und der Mangel an bedeutender Zusammenziehung der verletzten Blutgefässe in der Nähe der Trennungsstelle machen es möglich, dass der Blutstrom eine nicht geringe Zeit anhält.

Diese Eigenschaft des Blutes verräth sich schon, wenn die Thiere erst seit ungefähr zwei Monaten eingeschlafen sind. Sie erhält sich bis zu dem natürlichen Ende der Erstarrungszeit, also bis zu fünf bis sechs Monaten nach dem Beginne des Winterschlafes.

Die Sinus der harten Hirnhaut, die äussere Drosselvene und andere grössere Blutadern erscheinen dunkelblau, so dass man hiernach annehmen sollte, es sei in ihnen ein sehr schwarzes Blut enthalten. Lässt man aber ihren Inhalt ausfliessen, so sieht man, dass es zwar dunkeler, als das Carotidenblut ist, der Unterschied aber selbst in Thieren, die einige Tage wach waren und daher häufig geathmet haben, geringer, als in nicht erstarrenden Säugethieren ausfällt. Die Blutmasse hat eine eigenthümlich rothe Farbe, die ich am Ehesten mit dem sogenannten Kirschroth vergleichen möchte. Sie ist reiner im arteriellen Blute, herrscht aber noch in dem etwas dunkleren

Digitized by Google

venösem Blute in hohem Grade vor. Die Färbung nähert sich im Ganzen mehr dem Hell- als dem Dunkelrothen.

Die spektroskopische Empfindlichkeit der beiden Blutarten geht mindestens eben so weit, als die des gewöhnlichen Blutes der wachen Geschöpfe. Einige mir vorgekommene Fälle schienen sogar anzudeuten, dass sie etwas tiefer hinabreicht, als in dem gewöhnlichen Blute anderer Säugethiere. Mehrere Beispiele werden dieses näher erläutern.

Ich erhielt eine Anzahl Murmelthiere Ende Novembers in halber Erstarrung. Das Blut, das aus einem Einschnitte der Fusssohle Anfangs Februar entnommen worden, gab in einer Wasserverdünnung von $^1/_{6560}$ eine Flüssigkeit, die bei durchfallendem Lichte farblos erschien, bei auffallendem dagegen (auf weissem Grunde gesehen) eine Spur von Gelblich darbot. Man sah die Blutbänder in dem Schwefelkohlenstoffspektroskope zwar matt, aber sehr deutlich. $^1/_{8746}$ bildete eine bei durchfallendem Lichte farblose Flüssigkeit, die eine letzte Spur von Gelblich in auffallendem Lichte darbot. Die Reste der beiden Blutbänder konnten dessenungeachtet mit vollkommener Sicherheit erkannt werden. $^1/_{11661}$ gab nur zweifelhafte Spuren derselben. Alles dieses, sowie die folgenden Erfahrungen, beziehen sich auf Flüssigkeitsdicken von $1^1/_2$ Centimeter.

Das aus den verletzten Hirnhautgefässen ausgetretene Blut eines Ende März untersuchten grösseren Murmelthieres, das auf das Festeste schlief, zeigte sehr dunkle Blutbänder bei $^1/_{8000}$. Sie erschienen noch tief schattig bis $^1/_{16000}$. Deutliche Spuren derselben liessen sich bei $^1/_{32000}$ wahrnehmen. Man erkannte sie sogar bei einiger Uebung bis $^1/_{64000}$. Die letztere Flüssigkeit erschien farblos in durchfallendem, wie in auffallendem Lichte.

Das Blut, welches aus der Trepanwunde eines sehr kleinen, Ende März operirten Murmelthieres floss, gab noch deutliche Blutbänder bei $^1/_{8000}$, unzweifelhafte Reste derselben bei $^1/_{12600}$ und nicht ganz sichere Spuren bei $^1/_{25200}$. Die Flüssigkeit, die $^1/_{8400}$ entsprach, erschien schon nicht mehr gelblich bei auffallendem, viel weniger bei durchfallendem Lichte.

Das Blut der erstarrten Murmelthiere ist zur Krystallbildung

Digitized by Google

weit weniger geneigt, als das des Meerschweinchens. Behandelte ich am Ende des Winterschlafes einen Blutstropfen mit Aether, liess ihn bis zu dem Eintrocknen des Randes verdunsten, und bedeckte hierauf das Ganze mit einem dünnen Deckgläschen, so erhielt ich bisweilen schöne säulenförmige Krystalle an der Peripherie nach der vollständigen Verdunstung der Flüssigkeit. Viele von ihnen waren pleochroitisch und zeigten die gleichen Erscheinungen, die man auch an den ähnlichen Krystallen des Menschenblutes beobachtet [1]). Die Nadeln anderer Präparate dagegen änderten ihre Farbe nicht bei allen Drehungen des Nicols. Jene Darstellungsweise gelingt keineswegs in allen Fällen. Die Behandlung mit Aether nach dem Verfahren von Wittich [2]) gab mir nie eine Krystallhaut oder Krystalle überhaupt, während diese dann in dem Meerschweinchenblute meistentheils zum Vorschein kommen. Ebensowenig zeigte sich das mehrmalige Gefrieren und Wiederaufthauen als ein so sicheres Mittel der Krystallerzeugung, wie bei dem Gebrauche des Bluts des Meerschweinchens. Man sieht z. B. in altem Blutserum der Katze, dass sich eine grosse Menge säulenförmiger, meist roth gefärbter, zum Theil aber auch farbloser Krystalle absetzt, eine Erscheinung, die ich z. B. in dem Blutserum des Pferdes und des Schaafes nicht beobachtete. Das gefrorne und wiederum aufgethauete Blutserum des Murmelthieres lieferte keine solche Krystallbildungen nach Wochen langem Stehen. Die Krystalle erzeugten sich auch nicht, wenn man die starken Schläge eines Magnetelektromotors länger, als eine Stunde hindurchgeleitet hatte. Es gelang nicht in allen Fällen, jedoch ziemlich häufig, Haeminkrystalle aus ihm darzustellen, wenn man die zugesetzte Eisessigsäure erwärmte. Hielt ich aber das Erdmann'sche Verfahren [3]) genau ein, so bekam ich oft die schönsten Haeminkrystallplättchen in reichlichster Menge.

Ich verfertigte mir ein Doppelkästchen, wie ich es S. 74, 75

---

[1]) Henle und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. XVIII. 1863. S. 232.

[2]) v. Wittich, Königsberger medicin. Jahrbücher. Bd. III. 1862. 8. S. 338.

[3]) Siehe Schmidt's Jahrbücher Bd. CXVI, 1862, S. 274.

Digitized by Google

meines Spektroskopschriftchens beschrieben habe, um den Farbenunterschied des venösen und des arteriellen Blutes näher zu untersuchen. Jede dieser beiden Blutarten bildete eine Schicht von ungefähr $^1/_5$ Millim. Dicke. Obgleich die Färbung des venösen Blutes dunkler, als die hellrothe des arteriellen erschien, so entsprach sie doch nicht der gewöhnlichen blaurothen Farbe. Sie war vielmehr dunkelkirschroth, während die arterielle Blutschicht hellkirschroth erschien. Beide gaben die Blutbänder in tiefem Schwarz. Das Roth des arteriellen Blutes der Carotis reichte bis beinahe an A, und das der äusseren Drosselvene bis dicht vor a. Hatte sich später das Serum der beiden Blutarten abgeschieden und hierbei freilich der Sauerstoff der Luft auf das des Venenblutes eingewirkt, so gab das arterielle Blut ein Spectrum, das bei A $^1/_2$ B und das venöse, das bei A $^1/_3$ B anfing. Die Dicke der geprüften Schicht betrug hier $1^1/_2$ Centimeter.

Die Behandlung des Serums des Carotidenblutes mit Kohlensäure führte zu einer spektroskopischen Erscheinung, die mir früher bei keiner Blutart eines nicht erstarrenden Säugethieres vorgekommen war. Ich leitete zuerst einen lebhaften Kohlensäurestrom durch ungefähr 4 Cubikcentimeter Blutserum 20 Minuten lang durch. Die Flüssigkeit wurde zwar merklich dunkler, als sie vorher war. Sie hatte aber nur eine dunkelkirschrothe und keineswegs eine blauschwarze Farbe angenommen. Die Trübung, die sich schon dem freien Auge zeigte, rührte von Blutkörperchen her, die zum grössten Theil in ihren Formen verändert, z. B. abgeplattet, sternförmig oder umgebogen waren. Ich schüttelte hierauf dieselbe Serummasse anhaltend mit dem Sechs- bis Achtfachen ihres Volumens Kohlensäure. Die Farbe wurde hierdurch etwas dunkler. Die Flüssigkeit erschien dunkelbraunroth in auffallendem und bierbraun in durchfallendem Lichte. Untersuchte man sie in einer Dicke von $1^1/_2$ Centimetern an dem Spektroskope, so begann das Spectrum bei A $^1/_5$ B und reichte bis D. Man bemerkte aber in ihm ein tiefschwarzes Band von B $^1/_3$ C bis C $^1/_4$ D. Die Lage dieses *Säurebandes* [1]), wie wir es nennen wollen, ist charak-

[1]) Da mich andere Beobachtungen belehrten, dass man dieses Band durch die verschiedensten Säuren darstellen kann, so wähle ich den Namen Säureband statt Kohlensäurebandes.

Digitized by

teristisch. Denn das durch Essigsäure darstellbare Haeminspectrum [1]) hat seine dunkle Stelle zwischen A und B, und das Schwefelwasserstoffspectrum [2]) zwischen C und D, während das Haematinspectrum [3]) gerade zwischen B und C hell erscheint. Verglich man das Spectrum des reinen arteriellen Blutserum des Murmelthieres mit dem, welches das mit Kohlensäure behandelte darbot, so sah man, dass das Erstere nicht bloss keine Spur eines Kohlensäurebandes zeigte, sondern auch bei einer Dicke von $1^1/_2$ Centimeter ein nur aus Roth bestehendes Spectrum lieferte, das weiter von A anfing und entfernter von D endigte, mithin merklich schmaler als das mit dem Kohlensäurebande versehene Spectrum desselben Blutes erschien.

Ich schüttelte das mit Kohlensäure behandelte Blutserum nachdrücklich mit reinem Sauerstoff, dessen Volumen wiederum ungefähr 6- bis 8mal so gross, als das der Flüssigkeit war. Die Farbe wurde hierdurch etwas hellrother. Das Säureband blieb aber noch eben so deutlich, als es früher gewesen. Ein reichlicher Zusatz von Essigsäure, der die Flüssigkeit fast gänzlich entfärbte, beseitigte es. Fügte man zu einer anderen Serumprobe weniger Essigsäure hinzu, so zeigte sich gewissermassen ein unvollkommenes Haeminspectrum mit den letzten Resten des Säurebandes. Eine starke Beschattung erstreckte sich von A bis B und eine schwache von B bis C. Eine mittlere Combination von Blutserum und Essigsäure beseitigte das Kohlensäureband und stellte das Haeminspectrum her.

Versetzte ich das mit Kohlensäure behandelte arterielle Blutserum mit einer kaustischen Kalilösung, so wurde die Flüssigkeit grünlichbraun und durchsichtig. Das Säureband ging gänzlich verloren. Das ganze sichtbare Spectrum bot überhaupt keinen Absorptionsstreifen dar.

Schüttelte ich 1 Volumen mit vielem Wasser vermischten Blutes des oberen Sichelblutleiters mit 2 Volumen Kohlensäure, so sah man bei $1^1/_2$ Centimeter Dicke der hell kirschrothen Flüssigkeit nicht nur

---

[1]) Der Gebrauch des Spektroskopes S. 80, Fig. 15

[2]) Ebendaselbst S. 83, Fig. 16.

[3]) Ebendaselbst S. 82.

Digitized by Google

die Blutbänder im Grün, sondern auch eine Beschattung zwischen B und C und besonders die Nachbarschaft der C-Linie auffallend dunkel. Ich schüttelte hierauf diese Blutverdünnung mit dem sechsfachen Volumen Sauerstoffes, der, wie der frühere, aus chlorsaurem Kali dargestellt worden. Obgleich sie hierdurch nur wenig hellröther oder vielmehr gelblichroth wurde, so war doch die obenerwähnte Andeutung des Säurebandes durch diese Behandlung gänzlich geschwunden.

Gefrorenes und wiederum aufgethauetes Murmelthierblut der Carotis, das ich mit dem achtfachen Volumen Kohlensäure geschüttelt und mit der zur hinreichenden Durchsichtigkeit nöthigen Wassermenge verdünnt hatte, lieferte ein sehr breites und dunkles Säureband.

Da dieses Letztere von keinem Forscher, soviel ich weiss, bis jetzt wahrgenommen worden, so musste ich nachsehen, ob es eine Eigenthümlichkeit der Blutmasse des erstarrten Murmelthieres bildet oder auch in dem Blute anderer Geschöpfe vorkommt.

Sammelte ich das Blut aus dem Herzen und der Leber eines mittelgrossen Frosches, der den Winter über ohne Verabreichung von Nahrung aufbewahrt worden, verdünnte das Ganze mit Wasser und schüttelte es mit dem Achtfachen Kohlensäure, so wurde die hellrothe Farbe der Flüssigkeit nur wenig braunrother. Eine Schicht von $1^1/_2$ Centimeter Dicke zeigte ein tiefschwarzes Säureband an der oben aus dem Murmelthierblute beschriebenen Stelle des Spectrums.

Schüttelte ich sehr dunkeles vier Jahre altes Rindsblut mit dem zehnfachen Volumen Kohlensäure, so gab die mit Wasser bis zur Durchsichtigkeit verdünnte Masse keine Spur eines Säurebandes. Wiederholte ich den gleichen Versuch mit frischem hochrothem Schaafsblute, so wurde dieses nach der Behandlung mit Kohlensäure in hohem Grade dunkelroth und erschien in dickeren Schichten beinahe schwarz, in sehr dünnen dagegen auffallend grün. Verdünnte man es mit dem Zwei- bis Dreifachen Wassers, so nahm die Flüssigkeit eine hellrothe Farbe an. Eine Schicht von $1^1/_2$ Centimeter Dicke lieferte insofern ein Zeichen eines Säurebandes, als die Gegend der C-Linie auffallend dunkeler erschien. Der Absorptionsstreifen war aber viel schmaler als in der weit helleren Wasserverdünnung des Froschblutes und in dem Murmelthierblute. Es gelang mir jedoch in

Digitized by

anderen Versuchen, ein breiteres vollständiges Säureband herzustellen. Nicht bloss die Grösse der Einwirkung der Kohlensäure, sondern auch die Wasserverdünnung haben einen bedeutenden Einfluss auf das Endergebniss.

Schüttelte ich das kirschrothe Serum des Carotidenblutes mit dem zehnfachen Volumen Schwefelwasserstoffgases, so wurde die Flüssigkeit stark getrübt und schwarzgrün. Sehr dünne Schichten derselben zeigten eine auffallend grüne Farbe. Verdünnte man die Flüssigkeit mit Wasser, bis sie den nöthigen Grad von Durchsichtigkeit bei $1^1/_2$ Centimeter Dicke erreicht hatte, so gab sie das Schwefelwasserstoffspectrum, wie das Blut wacher Säugethiere. Wiederholte ich denselben Versuch mit hell kirschrothem Carotidenblute, das, vorher mit Kohlensäure behandelt, das Säureband darbot, so verlor sich dieses gänzlich unter dem Einflusse der bedeutenden Mengen aufgenommenen Schwefelwasserstoffes. Ein vollkommenes Schwefelwasserstoffspectrum trat an dessen Stelle.

Eine andere Erfahrung lehrte, dass sich das Säure- und das Schwefelwasserstoffband nicht nothwendigerweise gegenseitig ausschliessen. Ich hatte Meerschweinchenblut in einem hermetisch geschlossenen Gläschen einige Monate lang aufbewahrt. Die fast schwarze Flüssigkeit, die stark faul roch, wurde mit dem Drei- bis Vierfachen Wassers verdünnt. Das Ganze nahm hierbei eine hellrothe Farbe an. Eine Schicht von $1^1/_2$ Centimeter Dicke zeigte ein schwarzes Band, das von C $^1/_6$ D bis C $^2/_5$ D reichte, d. h. das durch die Fäulniss erzeugte Schwefelwasserstoffgas hatte ein Schwefelwasserstoffband hervorgerufen. Schüttelte ich hierauf die hellrothe Flüssigkeit zwei Mal mit je dem Achtfachen ihres Volumens Kohlensäure, so änderte sich die Farbe desselben für das freie Auge nicht wesentlich. Das schwarze Band reichte aber jetzt von B $^1/_3$ C bis C $^3/_5$ D, d. h. man hatte nun das Säure- und das Schwefelwasserstoffband nebeneinander, so dass sie sich bei C $^1/_6$ D deckten. Wir werden aus Allem schliessen, dass erst grössere Schwefelwasserstoffmengen das Säureband vernichten.

Prüft man eine Probe des Serums des Carotidenblutes des Murmelthieres, die mit Kohlensäure und eine zweite, die mit Schwefelwasserstoff behandelt worden, nach dem S. 100 meines Spektroskop-

Digitized by Google

büchleins geschilderten Verfahren nebeneinander, so sieht man unmittelbar, wie verschieden das Kohlensäure- und das Schwefelwasserstoffband gelagert sind. Jenes befindet sich mit seiner Hauptbreite vor und dieses hinter der der C-Linie entsprechenden Gegend.

Es ist nur einmal vorgekommen, dass eine mit Kohlensäure behandelte Probe des Murmelthierblutes ihr Säureband verloren hatte, nachdem sie über Nacht an der Luft gestanden und wahrscheinlich ein grosser Theil der Kohlensäure durch den Sauerstoff der Luft diffundirt worden. Die Farbe hatte sich dabei für das Urtheil des freien Auges nicht wesentlich geändert. Andere Blutproben dagegen behielten ihr Kohlensäureband Tage lang und noch andere verloren es nach 2 bis 3 Tagen.

Wie der Farbenunterschied des arteriellen und des venösen Blutes der winterschlafenden Murmelthiere im Ganzen geringer, als in wachen Geschöpfen ausfällt, so vermisst man auch jede auffallende Differenz in Betreff des Dichroismus. Sehr dünne Schichten erscheinen ziemlich gleich grün, sie mögen dem Blute oder dem Serum der Blutmasse der Carotis oder der äusseren Drosselvene angehören. Das grüne Aussehen sehr dünner Lagen wird in dem Murmelthierblute durch die Behandlung mit Kohlensäure und besonders durch die mit Schwefelwasserstoff um Vieles auffallender. Jene Gase scheinen aber hier nicht weniger stark, als auf die Blutmassen wacher Säugethiere in dieser Beziehung einzuwirken.

Die mikroskopische Untersuchung des Blutes der Murmelthiere am Ende und schon mitten in dem Verlaufe des Winterschlafes führt zu dem eigenthümlichen Ergebnisse, dass man nur rothe, biconcave, mit ihrem mittleren Schatten versehene und, wie es scheint, gar keine farblose Blutkörperchen beobachtet. Ich untersuchte Tropfen, die ich nur mittelst eines Deckgläschens möglichst dünn ausgebreitet, dagegen mit keiner fremden Flüssigkeit vermischt hatte. Kein einziges farbloses Blutkörperchen kam hier neben Tausenden von gefärbten vor. Man muss sich jedoch vor einer Täuschung in Acht nehmen. Man sieht nämlich oft Körperchen mit zackigen Rändern. Einzelne Zacken, die man über die Flächen des Körperchens hervorragend aus der Vogelperspective erblickt, werden leicht für Körnchen gehalten. Man

Digitized by

darf diese Gebilde nicht als Lymphkörperchen des Blutes deuten. Sie sind gefärbte Blutkörperchen, die sich erst nach dem Austritte des Blutes, selbst ohne allen Zusatz einer fremden Flüssigkeit, verändert haben.

Ist es richtig, dass die farblosen Blutkörperchen von den Lymphkörperchen herrühren, die von den Saugadern aus in das Blut treten, so dürfte ihr gänzlicher oder jedenfalls ihr beinahe vollständiger Mangel in dem Blute der winterschlafenden Murmelthiere nicht befremden. Eine Chylusbildung findet bei dem Mangel an Nahrung gar nicht Statt. Der Stillstand allen durchgreifenderen Stoffwechsels während der Erstarrungszeit setzt aber auch wahrscheinlich die Bildung und die Bewegung der Lymphe fast auf Null herab. Diese Ansicht ist um so wahrscheinlicher, als man etwas Aehnliches in Betreff der Blutbewegung während der tiefen Erstarrungszeit unmittelbar beobachtet. Ich machte oft tiefe Einschnitte in die Fussballen fest schlafender Murmelthiere, ohne dass ein Tröpfchen Blut herauskam. Ging auch die Wunde bis auf den Knochen, so sah man die Trennungsflächen der gelblichrothen Muskelmassen Minuten lang ohne Spur von hervorquellendem Blute. Ihre blassröthliche Farbe liess vermuthen, dass die in ihrem Innern enthaltenen Gefässe blutleer oder wenigstens nicht mit reichlichen Blutmengen gefüllt sind. Man sieht erst das langsam gerinnende Blut hervortreten, wenn die Herzschläge und die Athemzüge des nach und nach erwachenden Thieres häufiger werden.

Die Hauptergebnisse dieser Untersuchungen sind:

1. Das Blut der seit längerer Zeit erstarrten Murmelthiere zeichnet sich dadurch aus, dass es fast nur rothe, biconcave Blutkörperchen und keine irgend merkliche Menge von farblosen oder sogenannten Lymphkörperchen enthält.

2. Obgleich ein Farbenunterschied zwischen dem arteriellen und dem venösen Blute besteht, so ist er doch auffallend geringer, als in den wachen Säugethieren. Hat selbst das Murmelthier am Ende des Winterschlafes eine Reihe von Tagen gewacht und daher anhaltend geathmet, so erscheint doch sein Venenblut nicht so dunkel, als z. B. bei dem Kaninchen. Beide Blutarten zeigten übrigens einen eigenthümlichen kirschrothen Farbenton. Der geringere Unterschied in

Digitized by Google

der Färbung des arteriellen und des venösen Blutes erinnert an ähnliche Verhältnisse der Reptilien und des Embryo, wenn auch in diesen Wesen andere Farbennuancen, als in den erstarrten Murmelthieren auftreten.

3. Dünne Schichten des arteriellen und des venösen Blutes oder Blutserums der winterschlafenden Murmelthiere erscheinen ziemlich gleich grün. Die Behandlung mit Kohlensäure und besonders mit Schwefelwasserstoff verstärkt die Intensität dieser Färbung in hohem Grade.

4. Das mit Kohlensäure geschüttelte Serum des Carotidenblutes der erstarrten Murmelthiere zeigt ein eben so vollständiges Säureband, als das in ähnlicher Weise behandelte Froschblut. Arterielles Kalbsblut oder dunkles und faules Meerschweinchenblut liefern es ebenfalls, wenn die nöthige Menge von Kohlensäure verschluckt und der gehörige Verdünnungsgrad mit Wasser getroffen worden.

5. Schwefelwasserstoffgas bedingt das gleiche Schwefelwasserstoffspectrum in dem Blute der winterschlafenden Murmelthiere, wie in dem der wachen Säugethiere. Es zerstört zugleich das etwa früher vorhandene Säureband, sowie es in grösseren Mengen verschluckt worden. Geringere lassen das Schwefelwasserstoffband und das Säureband nebeneinander auftreten.

6. Das Haeminspectrum erzeugt sich durch Essigsäure ebensogut in dem Murmelthierblute, als in dem Blute anderer Säugethiere.

7. Kali beseitigt sowohl das Säureband, als das Haeminspectrum.

8. Obgleich sich Blutkrystalle aus dem Blute des erstarrten Murmelthieres darstellen lassen, so gehört dieses doch keineswegs zu den Blutarten, welche, wie die des Meerschweinchens oder der Ratte, zur Krystallerzeugung besonders geeignet erscheinen.

9. Verletzungen z. B. des Sinus des Schädels oder selbst der kleineren in der harten Hirnhaut verlaufenden Gefässe erstarrter Murmelthiere führen zu Blutungen, die Stunden lang fortdauern und daher die Thiere nach und nach zum Wachen bringen. Diese Erscheinung rührt von der sehr langsamen Blutgerinnung her. Sammelt man dagegen das Blut in einem kalten Glase oder auf einer kalten

Digitized by

Metallplatte, so erstarrt es binnen kurzer Zeit zu einer festen Masse, die sich später, wie gewöhnlich, in Kuchen und in Serum sondert. Die heftigen Blutungen, welche aus dem eben angeführten Grunde die meisten Operationen an erstarrten Murmelthieren begleiten, stören häufig die Ergebnisse, indem sie die Thiere nach und nach aufwecken oder sie in einem Grade schwächen, dass sie nach kurzer Zeit zu Grunde gehen.

§. 23.

Vagusreizung und Vagustrennung.

Wir haben schon früher [1]) gesehen, dass die Erregung des Halstheiles des herumschweifenden Nerven mittelst der Schläge des Magnetelektromotors das klopfende Herz des leise schlafenden oder des im Erwachen begriffenen Murmelthieres zum Stillstand bringen kann. Dieser Versuch zieht, wie jede andere Anwendung der Elektricität, die missliche Folge nach sich, dass die Murmelthiere rasch erweckt werden, wenn sie sich selbst in tiefstem Winterschlafe befinden. Die Einwirkung der elektrischen Schläge auf die Nerven bildet eines der sichersten, ja vielleicht das beste Mittel, den Winterschlaf nachdrücklich zu stören und den Erstarrungszustand in verhältnissmässig kurzer Zeit aufzuheben.

Dieser Umstand kann auch bei dem Gebrauch constanter Ströme in Betreff der Einflüsse des Vagus auf das Herz irre führen. Ich benutzte zu solchen Versuchen eine grosse aus sechs Zinkkohlenelementen bestehende Batterie und stach z. B. zwei Nadeln in die rechte Halshälfte eines fest schlafenden Murmelthieres so ein, dass die eine dem Bezirke des obersten und die andere dem des untersten Abschnittes des Halsvagus (und des dicht neben ihm verlaufenden Sympathicus) entsprach. Ein eingeschalteter Stromwender machte es möglich, den Strom beliebig zu schliessen und zu öffnen und in der einen oder der andern Richtung durchgehen zu lassen. Eine in das Herz gestochene Nadel zeigte die Herzschläge an.

Mochte der Strom von oben nach unten oder von unten nach

---

[1]) Diese Zeitschrift Bd. VII, 1860, S. 59. Neunte Abtheilung, §. 17.

Digitized by Google

oben durch den Vagus fliessen, so zeigten sich Zuckungen in den Halsmuskeln und später bei Beginn des Erwachens des Thieres in dem rechten Vorderbeine in dem Augenblicke des Schlusses, nie aber während der Dauer der Schliessung oder in dem Moment der Oeffnung der Batterie. Man hatte also wiederum das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven und Muskels während aller Stufen der Erstarrung, wie dieses schon früher [1]) für den Hüftnerven und die Muskeln der Hinterbeine angegeben worden. Blieb der Strom absteigend geschlossen, so gewährte es den Anschein, als wenn hierdurch die Zahl der Herzschläge wesentlich vermehrt würde. Die Explorationsnadel blieb vor dem Kettenschlusse länger als eine Minute vollkommen ruhig. Man sah keinen Athemzug während dieser Zeit. Hielt man dann die Kette *1 bis 2 Minuten* geschlossen, so machte die Explorationsnadel eine und bei späterer Wiederholung des Versuches bis sechs Bewegungen in der Viertelminute. Man bemerkte auch nach und nach immer mehr und immer tiefere Athemzüge. Dass man aber hier keine reine Einwirkung des constanten Stromes auf das Herz, keine durch ihn allein oder ihn überhaupt bedingte Beschleunigung des Herzschlages vor sich hatte, lehrte die Beobachtung der Zwischenzeit. Die Zahl der Herzschläge, die Menge und die Tiefe der Athemzüge blieben nach dem Oeffnen der Kette die gleichen oder nahmen sehr allmälig zu. Man hatte mit einem Worte ein durch die wiederholten Schliessungen der Kette eingeleitetes Erwachen, nicht aber irgend einen sicheren Beweis, dass die Wirkung des constanten Stromes auf den herumschweifenden Nerven die Zahl der Herzschläge vergrösserte. Dass das Letztere während des allmähligen Erwachens nicht Statt fand, liess sich durch die Abzählung der Herzschläge unmittelbar zeigen. Man beobachtete z. B. **24** in der Minute während der Durchleitung des constanten Stromes und **24** bis **25** nach derselben.

Ein zweiter Versuch, den ich an einem kleinen Murmelthiere anstellte, bestätigte das Gleiche. Hatte ich die Explorationsnadel in den Kammertheil des Herzens eingeführt, so bemerkte man unmittelbar darauf **4** Herzschläge in **30** Secunden. Nun wurde wieder eine Nadel in

---

[1]) Diese Zeitschrift, Bd. VIII, 1861, S. 15. Zehnte Abtheilung, §. 21.

Digitized by Google

die Gegend des obersten und eine zweite in die des untersten Halstheiles des herumschweifenden Nerven eingesteckt und mit dem Stromwender verbunden. Die Explorationsnadel zeigte unmittelbar darauf 3 Herzschläge in der Minute an. Schloss man die Kette, so wurde das Thier unruhig und fing auch bald sichtlich zu athmen an. Die Wiederholung der Versuche vermehrte allmälig die Zahl der Herzschläge und der Athemzüge, so dass der anfangs sehr feste Schlaf immer leiser und leiser wurde. Stellen wir die Zählungen, die ich nach und nach machte, übersichtlich zusammen, so ergab sich:

Stromesrichtung.	Zeit nach dem Kettenschlusse in Minuten.	Zahl der Herzschläge in 30 Secunden.
Absteigend	$^3/_4$	5
	$^1/_2$ Minute später	4 bis 5
	1 $^1/_2$ M. später	5
	Nach $^1/_2$ M.	5
	„ 2 „	5
	„ 1 „	5.
Aufsteigend	$^1/_2$ M. nach dem Schlusse	8
	Nach 1 M.	8
	„ 3 „	7
	„ $^1/_2$ „	10 stark athmend.
Absteigend	1 M. nach dem Schlusse	13
	Nach $^1/_2$ M.	13.
Ohne Strom	$^1/_2$ M.	17
	2 „ später	14
	2 „ „	21 bis 22.
Absteigend	$^1/_2$ M. nach dem Schlusse	21 bis 22
	$^1/_2$ M. später	18 „ 19
	$^1/_2$ „ „	22 „ 23.

Digitized by Google

Stromesrichtung.	Zeit nach dem Kettenschlusse in Minuten.	Zahl der Herzschläge in 30 Secunden.
Aufsteigend	½ Minute nach dem Schlusse	18 bis 19
	Nach ½ M.	18
	„ ½ „	17
	„ ½ „	23 „ 24
	„ ½ „	17.
Ohne Strom.	½ M.	17
	½ „ später	18
	½ „ „	18 „ 19.
Absteigend	½ M. nach dem Schlusse	23
	Nach 1½ M.	28 „ 29.
Aufsteigend	½ M. nach dem Schlusse	28
	Nach ½ M.	29 „ 30
	„ ½ „	28.
Ohne Strom.	½ M.	28 „ 29.
	Nach 1 M.	28

Man sieht, dass keine der beiden Stromesrichtungen die Häufigkeit der Herzschläge unmittelbar vermehrte. Man hatte vielmehr nur die erregende Wirkung der Elektricität, die zu immer leiserem Schlafe, zu lebhafterem Herzschlage, tieferen und häufigeren Athemzügen und endlich zum Erwachen führte. Die Elektrolyse, die während der Dauer des Kettenschlusses in merklichem Grade auftrat, und nicht bloss der Kettenschluss schienen den erregenden Einfluss auszuüben. Sowie die leiseren Schlafzustände eintraten, zeigte sich anhaltende klonische Zusammenziehung in den Kaumuskeln dieses, wie des zuerst erwähnten Murmelthieres, eine Erscheinung, die man auch in anderen Fällen allmäligen Erwachens hin und wieder wahrnimmt.

Ich habe die Halsstämme der beiden herumschweifenden Nerven in mehreren jungen Murmelthieren theils in der Mitte, theils am Ende des Winterschlafes durchschnitten. Die Folgen stimmten in allen

Digitized by Google

Fällen ziemlich überein. Wir wollen daher einen der genauesten Versuche als Beispiel ausführlicher darstellen.

Eine Explorationsnadel wurde um 9 Uhr 17 Minuten in das Herz eines jungen Murmelthieres gestochen, das sich am Ende seines Winterschlafes befand und in tiefer Erstarrung begriffen war. Man hatte dann um 9 Uhr 18 Min. 4 bis 5 sehr langsame und daher verhältnissmässig lange anhaltende Herzschläge in einer Minute. Ich legte hierauf die Halstheile der beiden herumschweifenden Nerven ohne Blutverlust bloss. Das Herz klopfte dann um 9 Uhr 21½ M. 5mal in der Minute. Die Explorationsnadel ging nicht bloss vor und zurück, sondern drehte sich auch kreisförmig.

9 U. 25 M. Trennung des von der gemeinschaftlichen Halsschlagader losgelösten linken Vagus (und Sympathicus).

9 U. 25½ M. 10 Herzschläge in 1 M. Die Nadel macht wieder die erwähnten Drehbewegungen. 5 Athemzüge in der Minute.

9 U. 27 M. 9 bis 10 Herzschläge in der halben Minute. Kurze und rasche Athmung.

9 U. 30 M. Trennung des rechten Vagus.

9 U. 30½ M. 18 bis 19 Herzschläge in der halben Minute. Sehr langsames und oft nicht deutliches Athmen.

9 U. 32 M. 23 Herzschläge in der halben Minute.

Das Thier schlief bis nach der zweiten Vagustrennung ziemlich fest. Es war auch jetzt noch in hohem Grade erstarrt. Man bemerkte aber von nun an eine Zeit lang ein fortwährendes Zucken in den Kaumuskeln. Das Murmelthier drehte sich hierauf ein paar Male.

9 Uhr 35 M. 25 Herzschläge in der halben Minute.

9 U. 50 M. Das Thier schlief ziemlich fest, bewegte aber noch fortwährend die Kaumuskeln. Es athmete 3 bis 4mal in der Minute.

9 Uhr 55 M. 31 bis 32 Herzschläge in der halben Minute.

10 U. 45 M. Das Murmelthier war nicht mehr eingerollt und scheinbar dem Tode nahe. Es öffnete den Mund weit bei jedem Athemzuge, athmete sehr tief und lange ein und kräftig aus.

Digitized by Google

10 U. 48 M. 2 bis 3 solcher Athemzüge in einer Minute.

10 U. 49 M. Anhaltende Zuckungen in den Muskeln der Tasthaare, so dass diese sich fortwährend hin- und herbewegten.

10 U. 49 M. 32 Herzschläge in der halben Minute.

10 U. 50 M. Das Thier stellte sich auf den vier Füssen, fiel jedoch sogleich mit Ausspreitzung derselben nieder. Es war dabei noch erstarrt, hielt die Augenlider geschlossen und hatte erweiterte Pupillen.

10 U. 51 M. Es bewegte sich häufig und suchte zu stehen, was ihm aber nicht gelang.

10 U. 54 M. 23 schwache Herzschläge und ein tiefer Athemzug in einer halben Minute.

10 U. 58 M. Wärme im Mastdarme 17° C. bei 15°,2 C. der Luft.

10 U. 59 M. Ich schnitt ein Stück aus der Vorderwand des obersten Theiles der Luftröhre aus und sorgte dafür, dass die Oeffnung in der Folgezeit frei blieb. Das Thier öffnete dessenungeachtet den Mund sehr weit während der Einathmung. Man hörte oft ein schwaches Pfeifen während der Ausathmung.

11 U. 3 M. 40 schwache Herzschläge in der Minute.

11 U. 4. M. 3 bis 4 Athemzüge in der Minute von derselben Beschaffenheit, wie früher, so dass die Anwesenheit der Luftröhrenfistel keinen sichtlichen Einfluss ausübte.

11 U. 10 M. Derselbe Athmungstypus. Das Thier suchte sich auf die Beine zu stellen, hielt aber immer die Augenlider geschlossen und befand sich in leisem Schlafe.

11 U. 12 M. 60 Herzschläge und 3 Athemzüge in der Minute. Das Murmelthier bewegte sich lebhaft von selbst und noch mehr nach dem Drücken eines Fusses.

11 U. 16 M. 64 Athemzüge in 1 Minute.

11 U. 31 M. 2 bis 3, von schwachen Ausathmungstönen begleitete Athemzüge und 62 Herzschläge in 1 Minute.

11 U. 33 M. Wärme im Mastdarm 18°,2 C., bei einer Zimmerwärme von 18° C.

Digitized by Google

11 U. 55 M. Das Thier ruhte auf den vier ausgespreizten Beinen mit geschlossenen Augen. Es vergingen die letzte Zeit ein und selbst mehrere Minuten, ehe man einen Athemzug bemerkte.

1 U. 45 M. Das Murmelthier todt.

Die Unterleibseingeweide boten nur das Eigenthümliche dar, dass die dünnen Gedärme etwas stärker mit Blut gefüllt zu sein schienen. Bei der Eröffnung der Brusthöhle fiel es zunächst auf, dass sich ein Blutextravasat an dem Bindegewebe vorfand, das an der Innenfläche des obersten Theiles des Brustbeines haftete. Die beiden Pleurasäcke enthielten eine blutige Flüssigkeit, in der ein starker Blutkuchen schwamm, zum Beweise, dass der Blutaustritt schon vor einiger Zeit Statt gefunden. Die Lungen führten zahlreiche blutige Flecke. Die linke hatte zwei grössere dunkelrothe und eine Anzahl kleinerer etwas hellerer in ihrem oberen und viele von geringerem Umfange in dem mittleren und dem unteren Lungenlappen. Eine grosse Menge kleinerer befanden sich in der rechten Lunge. Durchschnitte lehrten, dass diese rothen Flecke mehr oder minder tief eindrangen und überhaupt an den verschiedensten Stellen in dem Innern der Lungen vorkamen. Die grösseren Flecke erwiesen sich unter dem Mikroscope als eine Summe kleinerer zerstreuter. Sie waren, so viel man sah, zum grössten Theile Extravasate, die sich bald ausserhalb, bald innerhalb der Lungenbläschen zu befinden schienen.

Ein beträchtlicher Bluterguss füllte den Herzbeutel. Die rechte Kammer enthielt fast gar kein Blut; die linke dagegen eine geringe Menge einer nicht hellen Blutmasse. Das Blut in dem Herzbeutel erschien dunkler und das in den Pleurasäcken heller.

Als das Herz alle Reizbarkeit für den galvanischen Strom verloren hatte, zog sich noch der Brusttheil der Speiseröhre unter dem Einflusse desselben auf das Lebhafteste zusammen. Die Erregung des Hüftnerven führte dann nur zu Zuckungen in den Fussmuskeln. Berührte die eine Elektrode den Hüftnerven und die andere die Oberfläche des Wadenmuskels, so verkürzte sich der Letztere in geringem Grade. Die Bauchmuskeln zogen sich auch nur schwach zusammen.

Digitized by Google

Wir haben schon früher gesehen, dass die Mundhöhle der erstarrten Murmelthiere auffallend trocken ist, weil die Absonderung der Speicheldrüsen und der Drüsengebilde der Mundschleimhaut gänzlich zu stocken scheint. Ich habe dieses auch an Murmelthieren, deren Vagi ich durchschnitten hatte, wiedergefunden. Die genaueste Prüfung zeigte mir auch nicht das geringste Anzeichen, dass Mundflüssigkeiten verschluckt worden. Man konnte weder Epithelialzellen der Mundhöhle noch Speichelkörperchen in den Luftwegen entdecken.

Ein anderes junges Murmelthier, dem ich die beiden Halsvagi trennte, nachdem es erst 6 Tage geschlafen hatte, überlebte die Operation nur $2^1/_4$ Stunden, obgleich bei derselben nicht ein Tropfen Blutes verloren gegangen. Man sieht also, dass die Kürze der Lebensdauer nicht von der Länge der verflossenen Erstarrungszeit herrührt. Das Thier wog 1048,50 Gramm vor und 1048,25 Grm. nach der Operation. Es hatte also nur 0,25 Grm. durch diese eingebüsst. Man fand 11° C. in der Tiefe der Halswunde, während die Zimmerluft 5° C. betrug. Das Thier, das die längste Zeit nur zwei Athemzüge in der Minute machte, und trotz des Eingriffes ruhig fortschlief, öffnete nicht bloss den Mund bei jeder Einathmung, sondern bewegte auch zugleich in der Regel den Kopf und die Füsse. Der Mastdarm zeigte dann 9°,8 C. und die Mundhöhle zwischen den linken Backzähnen und der Wange 11°,1 C. Kurz nach dem Tode gab der Mastdarm 11°,0 C., die oben erwähnte Stelle der Mundhöhle 12°,6 C. und die Tiefe der Halswunde 13°,3 C., während die Zimmerwärme 9°,7 C. betrug. Hatte der Leichnam über Nacht in einem kalten Zimmer gelegen, so lieferte der Mastdarm 7°,9 C. und die Mundhöhle 7°,6 C., die umgebende Luft dagegen 7°,2 C.

Die braunen Flecke erschienen auch hier in den Lungen wieder und es zeigte sich in diesem Falle ebenfalls, dass sie in reichlicherer Menge in der oberen als in der unteren Hälfte der Lunge auftraten. Die Blutergüsse mangelten.

Man kann zwar säulenförmige, hin und wieder pleochroitische Krystalle aus dem Blute von Murmelthieren, deren Vagi durchschnitten worden, mit Hilfe von Aether darstellen. Allein die Geneigtheit zur Krystallisation, die das Blut der Meerschweinchen oder der Ratten

Digitized by Google

verräth, kommt auch hier nicht vor. Das Blut zeichnet sich, wie früher, durch seine langsamere Gerinnbarkeit und seine eigenthümliche hellrothe Farbe aus.

Fassen wir die vorzüglichsten Resultate der eben dargestellten und einiger der Kürze wegen nicht besonders erwähnter Versuche zusammen, so ergiebt sich:

1. Da die Einwirkung der elektrischen Schläge, vorzüglich die durch den Magnetelektromotor bewirkte Tetanisation das sicherste Mittel bildet, die Murmelthiere aus ihrem Winterschlafe zu erwecken, so sind viele Erfahrungen, die man dann über die Belebung des Herzschlages macht, insofern zweideutig, als sie von unmittelbaren Einflüssen auf das Herz herrühren, oder die Folgen des Erwachens darstellen können. Man hat aber oft eine Erscheinung, die ziemlich zuverlässig leitet. Es ist dieses die plötzliche beträchtliche Vermehrung der Zahl der Herzschläge. Diese fehlt bei dem allmäligen Erwachen. Sie kommt dagegen bisweilen unter dem Einflusse des Vagus zum Vorschein.

2. Die starke Tetanisation eines oder beider Vagi kann Stillstand des Herzschlages in dem erstarrten Murmelthiere, wie in den wachen Geschöpfen hervorrufen. Sehr schwache Inductionsschläge vermehren die Zahl der Herzschläge und zwar, wie es scheint, nicht immer durch das Erwecken des Thieres, sondern auf unmittelbarem Wege.

3. Es ist nicht gelungen, eine deutliche Beschleunigung des Herzschlages durch constante Ströme, die auf- oder absteigend durch den Halsvagus und den dicht an ihm verlaufenden Sympathicus geleitet wurden, zu erhalten. Die Zahl der Pulsationen wächst zwar in solchen Versuchen fortwährend. Dieses rührt aber von dem durch die Wirkung der Elektricität eingeleiteten Erwachen her. Man hat daher auch oft die gleiche oder selbst eine etwas grössere Zahl von Herzschlägen in den Zwischenpausen, in denen gar keine beständigen Ströme angewendet werden.

4. Man kann die doppelte Vagustrennung in dem winterschlafenden Murmelthiere vornehmen, ohne dass ein Tropfen Blut oder z. B. mehr als $^1/_4$ Grm. an Körpergewicht durch die ganze Operation verloren geht. Die Thiere schlafen auch dabei ruhig fort.

Digitized by Google

5. Verfolgt man den Herzschlag mittelst einer durch die Brustwände in das Herz gestochenen Explorationsnadel, so sieht man, dass die äusserst geringe Zahl der Herzschläge z. B. 4 oder 5 in der Minute, die man während des tiefen Winterschlafes hat, durch das Anlegen der Halswunde und die Isolation der Vagi nicht vergrössert wird. Hat man aber nur einen der beiden herumschweifenden Nerven (und den bei ihm verlaufenden Sympathicus) durchschnitten, so steigt bald die Zahl der Herzschläge in auffallender Weise. Die Durchschneidung des andern Vagus vergrössert die Wirkung. Die Athemzüge bleiben selten. Sie können sogar sparsamer, als früher werden. Das Thier öffnet weit den Mund bei jedem Athemzuge, eine Erscheinung, die man unter anderen Verhältnissen fast nie wahrnimmt. Eine ungewöhnlich tiefe Einathmung ist von einer kürzeren kräftigen, bisweilen schwach tönenden oder rasselnden Ausathmung begleitet. Man hat also auch in dem erstarrten Murmelthiere die beiden sichtlichsten Hauptfolgen, wie in den wachen Säugethieren, nämlich die Vermehrung des Herzschlages und die Abnahme der Anzahl der beschwerlichen aus tiefen Ein- und tönenden Ausathmungen bestehenden Athemzüge.

6. Um die Verhältnisse der Eigenwärme richtig zu deuten, müssen wir uns erinnern, dass im Durchschnitte die des Mastdarmes des Kaninchens nach der doppelten Vagustrennung um ein Geringes sinkt, man möge eine Luftröhrenfistel angelegt haben oder nicht. Wurde die gleiche Operation an tief schlafenden Murmelthieren vorgenommen, so erhielt man das scheinbar entgegengesetzte Ergebniss, da die Wärme stieg. Eine genauere Betrachtung lehrte aber, dass man hier ein zusammengesetztes Resultat vor sich hatte. Die Eigenwärme nahm zu, weil der Schlaf immer leiser und leiser wurde. Sie erhöhte sich aber nicht bis zu der einem wachen Murmelthiere entsprechenden Grösse, weil der Tod schon eintrat, als sich das Thier noch in leisem Schlafe oder in Schlaftaumel befand. Ob aber die Wärmezunahme nach der doppelten Vagustrennung geringer, als ohne diesen Eingriff ausfiel, liess sich mit Sicherheit nicht entscheiden. Die kleinen oben (S. 147) angeführten Unterschiede in Vergleich mit der Wärme der umgebenden Atmosphäre schienen anzudeuten, dass die Vergrösse-

Digitized by Google

rung der Eigenwärme nach der Trennung der herumschweifenden Nerven allerdings niedriger geblieben war.

7. Wie die erstarrten Murmelthiere für manche andere physiologische Streitfragen gewissermassen Schicksalsthiere sind, d. h. dieselben sicherer, als die wachen Geschöpfe entscheiden lassen, so übernehmen sie auch eine solche Rolle in Betreff einer Hypothese über die Ursache der Lungenentartung nach der Vagusdurchschneidung. Obgleich der Tod wenige Stunden nach der Operation in jungen Murmelthieren erfolgt, so fehlen doch nicht die braunrothen oder heller, aber immer noch intensiv rothen Flecke in den Lungen. Wir haben also den Anfang derjenigen Entartung, die in den wachen Geschöpfen eintritt, und die hier an einzelnen Stellen bis zur Ausschwitzung bei längerer Dauer fortschreitet. Nun ruht die Absonderung der Speicheldrüsen und der Mundschleimhaut während des Winterschlafes. Untersucht man die Mundhöhle eines Murmelthieres, dessen herumschweifende Nerven während der Erstarrungszeit durchschnitten worden, so findet man sie eben so trocken, als hätte gar kein Eingriff Statt gefunden. Man ist nicht im Stande, Epithelialblättchen oder Speichelkörperchen, wie sie in der Mundhöhle bei voller Thätigkeit jener Absonderungsgebilde vorkommen, in den Luftwegen zu entdecken. Der Anfang der Lungenentartung kann daher nicht davon herrühren, dass die Lähmung der von dem Vagus abhängigen Muskeln, welche den Uebertritt von Inhaltsmassen aus dem Schlunde in die Luftwege hindern, reizende Körper in die Letzteren gelangen lässt.

8. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass einzelne Stellen der Lungen gefässreicher sind, die Flecke dagegen von Anhäufungen ausgetretener Blutkörperchen herrühren, die sich zunächst ausserhalb, oft aber auch innerhalb der Lungenbläschen zu befinden scheinen. Man hat mit einem Worte Blutextravasate an vielen Orten. Diese Erscheinung kann eine Folge der ausserordentlich tiefen Einathmungen sein oder von einer neurovasculären Lähmung oder von beiden Umständen zugleich herrühren. Die erstarrten Murmelthiere liefern keinen sicheren Entscheid in Betreff dieser Annahmen. Ebenso

Digitized by Google

bleibt noch zu erklären, wesshalb die Extravasate in der oberen Lungenhälfte reichlicher, als in der unteren aufzutreten pflegen.

9. Die (S. 146) erwähnten Blutergüsse in dem Herzbeutel und den Pleurasäcken bilden keine Folge der doppelten Vagustrennung. Sie zeigen sich nur dann, wenn man sich einer dicken Explorationsnadel bedient und diese an verschiedenen Orten im Laufe der einzelnen Beobachtungen eingestochen hat. Jede kleinere Gefässverletzung, jede irgend klaffende Stichwunde in das Herz führt zu einem verhältnissmässig bedeutenden Blutergusse, weil die Blutgerinnung so spät eintritt (S. 130). Die Untersuchung mit einer dicken Explorationsnadel bildet daher nicht bloss ein kräftiges Erweckungsmittel, sondern gefährdet auch bisweilen das Leben des erstarrten Murmelthieres durch einen reichlichen Bluterguss in dem Herzbeutel.

Digitized by

XI.

Das Verhalten der sogenannten Protoplasmaströme in den Brennharen von *urtica urens* gegen die Schläge des Magnet-elektromotors.

Von

Prof. **E. Brücke** [1]).

Vor etwa acht Monaten habe ich in einem Aufsatze, überschrieben „die Elementarorganismen“ (diese Zeitschrift Bd. VIII, S. 495), unter anderem nachzuweisen gesucht, dass die sogenannten Protoplasmaströmchen in den Brennhaaren der Nesseln diesen Namen nicht verdienen, dass man es vielmehr mit einem lebendigen, contractilen Zellenleibe, einem Elementarorganismus, zu thun hat, in welchem eine körnerreiche Flüssigkeit fortbewegt wird.

Die Erfolge, welche ich neuerlich bei der Anwendung des Magnetelektromotors auf weisse Blutkörperchen, Eiter- und Speichelkörperchen eintreten sah, haben mich veranlasst, auch die Brennhaare seiner Einwirkung auszusetzen, und zwar mit denselben Hülfsmitteln, deren ich mich bei den oben erwähnten Versuchen bediente. (Diese Zeitschrift Bd. IX, S. 17).

Ich unterscheide an der grossen Zelle, welche wesentlich das Brennhaar bildet, die äussere starre Wand, das Gehäuse, ferner das sogenannte Protoplasma sammt dem Kern, welche ich gemäss den in

---

[1]) Aus dem XLVI. Bande der Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

Digitized by Google

meiner eingangserwähnten Abhandlung aufgestellten Grundsätzen zusammen als den Zellenleib bezeichnen werde, und endlich drittens die klare Flüssigkeit in der Zelle, welche ich Intracellularflüssigkeit κατ' ἐξοχήν nennen will. Diese drei Gebilde sind, wie bekannt, in der Weise über einander geschichtet, dass der Zellenleib mit seiner ganzen äusseren Oberfläche dem Gehäuse anliegt, an seiner ganzen innern Oberfläche von der Intracellularflüssigkeit bespült wird.

Wenn man bei starker Vergrösserung das Mikroskop so einstellt, dass die Mittelebene des Haares sich im deutlichen Sehen befindet, so unterscheidet man am leichtesten die eigenen Bewegungen des Zellenleibes von denen der körnerreichen Flüssigkeit, welche in ihm strömt. Man sieht dann seinen optischen Längsschnitt und einerseits die Körnchen, die sich in ihm fortbewegen, andererseits die Wülste, die er gegen die Intracellularflüssigkeit austreibt: man sieht, wie sie wachsen, wie sie ihren Ort verändern und wie sie wieder vergehen.

Man wird sich durch das Fortrücken des Wulstes nicht täuschen lassen, zu glauben, dass das sogenannte Protoplasma fliesse; denn man weiss, dass eine Contractionswelle der Länge nach über eine ganze Muskelfaser abläuft, und schliesslich alle Theile derselben doch wieder am alten Orte sind. Selbst wenn ein singulär gebildeter Theil des Zellenleibes durch das ganze Sehfeld fortrückt, darf man sich dadurch nicht verführen lassen, in den alten Irrthum zurückzufallen. Ich habe solche Theile verfolgt und gefunden, dass sie endlich stille stehen und dann langsam wieder gegen ihren früheren Ort hin zurückkehren. Die Bewegung war kein Fliessen, sie war eine Folge der Contractilität.

Ich kann nicht sagen, ob diese Contractionen die einzige Ursache der Bewegung der körnerreichen Flüssigkeit im Zellenleibe sind, aber dass sie auf dieselbe einen wesentlichen Einfluss üben müssen, versteht sich wohl von selbst.

Beide Bewegungen nun werden durch eine hinreichend kräftige und hinreichend langdauernde Einwirkung des Magnetelektromotors vollständig aufgehoben, der Zellenleib wird in eine todte, sich später meistens nach und nach vom Gehäuse ablösende Masse verwandelt.

Digitized by Google

Um die Wirkung der elektrischen Ströme in ihren einzelnen Stadien zu verfolgen, thut man am besten, den Kreis anfangs nur für eine oder einige Secunden zu schliessen, so dass das Haar eine kurze Reihe von Schlägen erhält. Die erste Veränderung, die man dann wahrnimmt, besteht in der Regel in dem Erscheinen einer grösseren oder geringeren Menge von Fäden, welche vom Zellenleibe aus in die Intracellularflüssigkeit hineinragen. Ich habe sie nicht immer, aber doch bei weitem in der Mehrzahl der Fälle gesehen, und da sie von wechselnder Dicke, oft äusserst dünn sind, so mögen sie sich wohl das eine oder das andere Mal der Beobachtung entzogen haben. Manchmal sieht man sie wie Raketen aus dem Zellenleibe hervorschiessen, sobald man den Kreis des Magnetelektromotors schliesst. Sie haben oft eine beträchtliche Länge; ich habe deren solche beobachtet, die im gestreckten Zustande bis zur Achse in das Innere des Haares hineinragten. An ihrem Ende tragen sie eine grössere oder kleinere Anschwellung, und man sieht sie in einer fortwährenden bald schwächeren, bald stärkeren zitternden oder schlängelnden Bewegung begriffen.

Bisweilen sieht man neben den Fäden auch stärkere kolben- oder keulenartige Gebilde hervortreten.

Hatte die Einwirkung der Ströme einen gewissen Grad nicht überstiegen, so kann hierbei das Fliessen der körnerreichen Flüssigkeit im Zellenleibe noch eine Weile fortdauern, ja es kommt häufig vor, dass die Fäden und Kolben wieder verschwinden und der normale Zustand, soweit die Anschauung darüber Aufschluss giebt, wieder hergestellt ist. Bisweilen geschieht dies nur in einem Theile des Zellenleibes, während der andere nach und nach abstirbt. Wo ich dies beobachtete, war es die Spitze, welche abstarb, die im dickeren Theile des Haares gelegene grössere Partie des Zellenleibes, die sich erholte.

War die Einwirkung heftiger, oder schliesst man den Kreis des Magnetelektromotors von neuem, so hört das Fliessen sofort auf und man sieht die Körnchen nur noch in einer unregelmässigen Bewegung, die ganz den Charakter der unter dem Namen der Molecularbewegung bekannten Erscheinung trägt.

Digitized by Google

Indessen hat sich das Ansehen der inneren Oberfläche noch mannigfach verändert, man sieht verschieden geformte Excrescenzen, sphäroidische Massen, die mit der Oberfläche nur durch einen ganz kurzen und dünnen Hals zusammenhängen, und in denen einige Körnchen sich herumtummeln. Der innere Contour im Allgemeinen hat an Schärfe und Deutlichkeit verloren: im Innern des Zellenleibes sieht man oftmals Figuren wie von aneinander gedrängten Blasenräumen entstehen.

In der bisher vollständig reinen und klaren Intracellularflüssigkeit erscheinen nun Körnchen, die, zu kleinen Gruppen vereinigt, Molecularbewegung zeigen. Ob sie an und für sich das eine am anderen haften, oder ob sie durch ein hyalines Bindemittel mit einander vereinigt sind, konnte ich nicht entscheiden. Diese Körnchengruppen mehren sich, sie verlieren ihre Bewegung und senken sich zu Boden, während zugleich die Bewegung der Körnchen im Zellenleibe, wenn dies nicht schon früher geschehen ist, vollständig aufhört.

Hiermit ist jede Lebenserscheinung an der Zelle erloschen. Der Zellenleib ist eine abgestorbene, trübe, körnige Masse, die sich nach einiger Zeit erst stellenweise, dann in grösserer Ausdehnung von der Zellwand abzulösen und zu schrumpfen pflegt, so dass man sie nach längerer Zeit oft als ein schlaffes schlauchartiges Gebilde in dem Gehäuse liegen sieht; bisweilen ist sie auch an einer oder mehreren Stellen zerrissen, wahrscheinlich weil sie dem Gehäuse local fester anhaftete und deshalb beim Schrumpfen einen Widerstand erfuhr, der schwerer als die Festigkeit des eigenen Baues zu überwinden war.

Digitized by Google

XII.

Ueber die sogenannten Bindegewebskörperchen des centralen Nervensystems.

Von

Ludwig Mauthner [1]).

Nachdem ich in einer früheren, im 21. Bande der Denkschriften der Kaiserlichen Akademie erschienenen Arbeit meine in Betreff der zweifellos nervösen Elemente des centralen Nervensystems gewonnenen Resultate niedergelegt habe, erlaube ich mir hier einige Bemerkungen über jene Gewebsbestandtheile des Hirns und Rückenmarkes zu machen, die zwar in histologischer Hinsicht gehörig erkannt sind, über deren physiologische Bedeutung jedoch bis auf den heutigen Tag die widersprechendsten Ansichten unter den Forschern herrschen. Unter diesen Bildungen von zweifelhafter Function verstehe ich die in der grauen Substanz befindlichen sogenannten Bindegewebskörperchen. Die den Centralkanal des Rückenmarkes auskleidenden Epithelialzellen mit den von ihnen abgehenden Fortsätzen, von denen einzelne Forscher, wie Stilling [2]), zu glauben geneigt sind, dass

---

[1]) Aus dem XLIII. Bande der Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

[2]) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarkes. 1856—59, p. 11.

Digitized by Google

sie nervöse Gebilde seien, sind unbedingt sammt den Fortsätzen der *pia mater* dem Stützgewebe des Rückenmarkes beizuzählen. Ich war namentlich so glücklich, im obersten Theile des Hechtrückenmarkes von den nach rückwärts gelegenen Epithelialzellen des Centralkanals kolossale Fortsätze abgehen zu sehen, welche, ohne mit irgend welchen anderen zelligen Gebilden in Zusammenhang zu treten, bis an die Peripherie des Rückenmarkes gelangten und in den Fasern der *pia mater* untergingen.

Bidder und seine Schüler waren es, welche auch jene kleinen zelligen Gebilde, die sich in der grauen Substanz vorfinden, und deren anatomische Charaktere hinlänglich bekannt sind, sammt der ganzen grauen Substanz zum Bindegewebe stempelten, ein Vorgang, der wohl nur von wenigen Forschern in seinem ganzen Umfange gebilligt und als richtig anerkannt worden ist, indem die einen, wie Stilling und Jacubowitsch [1]), jede Berechtigung zur Ausschliessung dieser Zellen von wahrem Nervengewebe von sich wiesen, andere aber, wie Virchow [2]) und Kölliker [3]) einem Theile dieser kleinen zelligen Gebilde ihre Rechte als Nervenzellen zurückgaben, während sie auf der anderen Seite das Vorkommen von Bindegewebszellen im centralen Nervensysteme im Allgemeinen nicht in Abrede stellten.

Die Beobachtungen nun, welche ich über diese Körperchen bei meinen Untersuchungen über das centrale Nervensystem der niederen Wirbelthiere gemacht habe, drängen zur Annahme hin, dass diese Gebilde in der That (wenigstens bei den von mir untersuchten Thieren) vom Bindegewebe zu trennen, und als einem specifischen Gewebe angehörig zu betrachten seien. Allerdings wird man den *positiven* Beweis für die *nervöse* Natur dieser Zellen nur dann herstellen können, wenn man dies durch das Experiment erwiesen oder wenn man den Uebergang von Fortsätzen dieser zelligen Gebilde in unzweifelhafte markhaltige Nervenfasern mit Sicherheit erkannt haben

---

[1]) Mittheilungen über die feinere Structur des Hirns und Rüskenmarks. 1857, S. 10.

[2]) Cellularpathologie S. 250.

[3]) Handbuch der Gewebelehre, 3. Auflage, S. 293.

Digitized by Google

wird. Wiewohl ich einen solchen positiven Beweis nicht beibringen kann, indem ein Experimentiren über die Natur dieser Körperchen vorläufig unmöglich ist und ich andererseits nicht so glücklich, wie Stilling [1]) war, wirkliche Nervenfasern von ihnen abgehen zu sehen, so sprechen dennoch die von mir beobachteten Thatsachen entschieden dafür, dass diese Zellen Nervenzellen und keine Bindegewebskörperchen seien.

Ehe ich zur Darlegung dieser Thatsachen schreite, muss ich vor Allem für diese zelligen Gebilde das Recht ihrer Existenz in Anspruch nehmen, ein Recht, das ihnen Stilling geradezu streitig macht, indem er erklärt [2]), dass „das, was Bidder und Kupffer für Bindegewebszellen der grauen Substanz halten, nichts anderes sind, als die Kerne von grösseren Zellen." „Den Nucleolus dieser Kerne", fährt Stilling fort, „halten B. und K. für den Kern. Das Parenchym der eigentlichen Zelle ist so durchsichtig, dass es an Chromsäurepräparaten und an feinen Abschnitten schwer zu beobachten ist, und gewöhnlich nur als ein leerer Raum um den Zellenkern erscheint. An solchen Chromsäurepräparaten aber, die mit Carmin imbibirt sind, ist mit genügender Evidenz zu erkennen, dass die von B. und K. für Bindegewebszellen gehaltenen Theile in der That nur Kerne von Zellen sind." Pag. 902 kommt Stilling auf denselben Ausspruch zurück und sagt hier zugleich, dass „an Carminpräparaten die sogenannten Bindegewebskörper *roth* gefärbt erscheinen; dass ihre Umgebung, ihre Fortsätze dann deutlicher zu erkennen seien, als an den bloss durch Chromsäure gehärteten Präparaten." Nach dieser Angabe muss ich schliessen, dass Stilling nur die eigentlichen Bindegewebskörper (seine Zellenkerne) *roth* gefärbt, die Umgebung (d. i. Stilling's Zelleninhalt) aber *ungefärbt* sah. Es besteht nun bei mir kein Zweifel, dass Stilling es hierbei nur mit einem, auf manchen Präparaten um alle zelligen Gebilde (um die *grossen Ganglienzellen* sowohl, als um die Bindegewebszellen) auftretenden ungefärbten Hofe zu thun hatte, der durchaus nicht die Bedeutung eines

---

[1]) l. c. pag. 902.

[2]) l. c. pag. 871.

Digitized by Google

Zelleninhaltes besitzt, der vielmehr dadurch zu Stande kommt, dass auf Präparaten, die von einem Rückenmarke, das längere Zeit in Chromsäure gelegen hat, stammen, durch die Wirkung der Chromsäure der Zelleninhalt verschrumpfte und von der Zellmembran oder sammt dieser von dem umgebenden Gewebe sich zurückzog — daher die farblose Lücke zwischen ihm und dem umgebenden Gewebe zu Stande kam. Ich kann umsoweniger daran zweifeln, dass Stilling dieser Täuschung unterlag, als es gerade auf Carminpräparaten, namentlich vom Rückenmark der Schildkröten und Fische, mit Evidenz ersichtlich ist, dass diese Körper als solche, wie sie Bidder und seine Schüler beschreiben, im Rückenmarke vorkommen.

Es kann, wie gesagt, über die Existenz dieser Körper kein Zweifel sein, wohl aber darüber, ob es Bindegewebszellen sind. Wenn die ganze graue Substanz aus Bindegewebe besteht, und wenn diese Zellen Attribute des Bindegewebes sind, so werden sie sich voraussichtlich einigermassen gleichmässig in der grauen Substanz vertheilt vorfinden müssen, und dies giebt in der That sowohl Kupffer in seiner Abhandlung über den Bau des Froschrückenmarks an, als auch später Bidder und Kupffer in ihrem gemeinsamen Rückenmarkswerke. Kupffer sagt [1]): *„Quae cellulae satis confertim atque aequabiliter per totam substantiam cineream diffusae cernuntur, in nullo tamen medullae spinalis loco certa quadam earum dispositione animadversa.“*

Bei Bidder und Kupffer [2]) heisst es über diese Körper: „Sie sind ziemlich gleichmässig durch die ganze graue Substanz verbreitet, ohne dass sich ein bestimmtes Gesetz in ihrer Anordnung nachweisen liesse.“ Dies ist nicht richtig. Abgesehen davon, dass sich diese Zellen in jenen Theilen der grauen Substanz in geringerer Menge vorfinden müssen, wo die grossen Ganglienkugeln in Masse nebeneinander liegen, zeigte mir eine aufmerksame Untersuchung, dass

---

[1]) *De medullae spinalis in ranis textura* etc. 1854, pag. 19.

[2]) Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks. 1857, S. 45.

Digitized by Google

diese Körper im Rückenmarke eine ganz ausgezeichnete Anordnung zeigen, ja dass sie da in der grauen Substanz eine ähnliche *gruppenweise* Anordnung darbieten können, wie die grossen Ganglienzellen.

Ich habe hierüber Folgendes gefunden. Zuerst muss ich eine merkwürdige Gruppe dieser Körper aufführen, welche sich in der *medulla oblongata* des Hechtes vorfindet. Die graue Substanz erstreckt sich hier nach vorn bis an die Peripherie des Rückenmarkes und bildet da zu beiden Seiten des medianen Faserzuges, der sich von der Stelle, wo sich bei höheren Thieren der vordere Sulcus befindet, bis zum eröffneten Centralkanale erstreckt, je eine Insel. In dieser Insel der grauen Substanz, die von zahlreichen markhaltigen Fasern durchsetzt wird, findet man die vielfach erwähnten sogenannten Bindegewebszellen, welche in den Vorderhörnern der grauen Substanz und dem davon abgehenden mächtig entwickelten Fasernetze sich nur *vereinzelt* vorfinden, in einer *grossen Menge,* beiderseits symmetrisch in einer *sehr auffallenden Gruppe* angeordnet. Diese Gruppe hat jederseits die Form einer Ellipse: die lange Achse derselben steht in ihrer Verlängerung auf dem medianen Faserzuge senkrecht; sie misst $^1/_3$ Millimeter. Die kurze Achse der Ellipse, mit dem medianen Faserzuge parallel, hat eine Länge von $^1/_8$ Millimeter. Die Gruppen sind jederseits $^1/_3$ Millimeter weit von der Medianraphe entfernt.

Ausserdem dass diese Körper diese zwei abgegrenzten Gruppen bilden, sind sie im verlängerten Marke des Hechtes noch in auffallender Menge, ohne aber eine ähnlich umschriebene Anordnung zu zeigen, *hinter* jenen Ganglienkugeln angehäuft, die neben dem eröffneten Centralkanale liegen (die ich aufgefunden) [1]) und deren merkwürdiges Verhalten gegen Carmin ich beschrieben habe [2]).

Diese Anordnung der sogenannten Bindegewebszellen in der *medulla oblongata* des Hechtes ist hinreichend, um uns zu überzeugen, dass diese Zellen nicht blosse einer Bindegewebssubstanz angehörige heterogene Elemente seien. Denn dass im verlängerten Marke des

---

[1]) Diese Zeitschrift, Bd. VI, S. 270.

[2]) Diese Zeitschrift, Bd. VII, S. 246.

Digitized by Google

Hechtes an einem ganz umschriebenen und eigenthümlich gelegenen Gebiete eine eigene Art von Bindegewebssubstanz angehäuft sein soll, eine solche nämlich, in welcher sich die Bindegewebskörperchen in grosser Masse und in eigenthümlicher Anordnung vorfinden, widerspricht umsomehr einer wissenschaftlichen und überhaupt einer rationellen Anschauung, als in diesen Theilen der grauen Substanz sich keine Ganglienzellen und keine Blutgefässe (abgesehen von den Capillaren) vorfinden, denen allenfalls die graue Substanz zum Stützgewebe dienen könnte.

Dieses sehr in die Augen fallende Verhalten der besprochenen Zellengebilde im Hechtmarke veranlasste mich ihr verschiedenes Verhalten in den verschiedenen Theilen der grauen Substanz und vorzüglich auch in den Commissuren näher zu erforschen, und ich habe in dieser Hinsicht Beobachtungen am Rückenmarke der Forelle *(Salmo fario)* gemacht, die mich über die Anordnung dieser kleinen Zellengebilde in demselben Folgendes lehrten: Sie kommen nur einzeln, nicht zusammengehäuft in den seitlichen Flügeln der grauen Substanz neben grossen und unzweifelhaften Nervenzellen vor. Ebenso finden sie sich nicht massenhaft in jenem Theile der grauen Substanz, welche Owsjannikow der *substantia gelatinosa* Rolandi der höheren Thiere vergleicht, und die, wie Owsjannikow sehr richtig angiebt, im äussern Ansehen eine grosse Aehnlichkeit mit einem gezackten Baumblatte *(cum arboris folio crenato)* darbietet [1]).

Eine bemerkenswerthe Verschiedenheit in ihrer Anordnung zeigen sie in den drei (von mir [2]) beschriebenen) Commissuren. Während sie in der vordersten Commissur nur in sehr geringer Menge erscheinen, häuft sich ihre Zahl bereits in der zweiten, unmittelbar vor dem Centralkanale gelegenen Commissur, um ihr Maximum in der dritten, hinter dem Centralkanale gelegenen, zu erreichen. Es wäre sehr verkehrt, aus dem massenhaften Auftreten dieser Körper

---

[1]) *Disquisitiones micr. de medullae spinalis textura* etc. 1854. pag. 29.

[2]) Band XXXIV, S. 33.

Digitized by

in der letztgenannten Commissur auf die bindegewebige Natur derselben zurückschliessen zu wollen, indem diese Commissur einerseits augenscheinlich aus Fasern derselben Art besteht, wie die unmittelbar vor dem Centralkanale gelegene, und mich andrerseits die Behandlung von Rückenmarksschnitten mit einer Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali lehrte, dass diese Fasern keine Bindegewebsfasern seien, indem sie durch genanntes, alles Bindegewebe zerstörende Reagens, nur deutlicher hervortreten.

Hinter der hinter dem Centralkanale gelegenen Commissur liegt nun im Rückenmarke der Forelle beiderseits an die Medianlinie grenzend eine ähnliche Gruppe der sogenannten Bindegewebskörperchen, wie ich sie früher im verlängerten Marke des Hechtes beschrieben habe. Diese Gruppen haben einen mit der Medianlinie parallelen Längsdurchmesser von $^1/_7$ und einen Querdurchmesser von $^1/_{10}$ Millimeter. Hinter diesen scharf begrenzten Gruppen ist dem massenhaften Vorkommen der kleinen Zellen plötzlich eine Schranke gesetzt, sie finden sich in der dahinter liegenden grauen Substanz *(Subst. gel.* Rol. Ows.) nur einzeln.

Bei einer solchen Anordnung dieser kleinen zelligen Gebilde in derselben Grundsubstanz, der grauen Substanz nämlich, bleibt der Gedanke ausgeschlossen, dass diese Körper blosse dem Bindegewebe angehörige Zellen seien.

Was den Punkt über die ungleichmässige Vertheilung der Bindegewebskörper im Rückenmarke in historischer Hinsicht betrifft, muss ich bemerken, dass schon Owsjannikow angiebt, dass diese Zellen sich nicht gleichmässig im Rückenmarke von Petromyzon vorfinden [1]: *Quae cellulae vel telae cellulosae corpuscula, non ubique pari multitudine reperta, circum cellulas, nerveas fibrasque Muellerianas ingenti numero conferta animadvertuntur* [2].

Kupffer giebt zwar an, dass sich in keinem Theile des Froschrückenmarkes eine eigenthümliche Anordnung der Bindegewebszellen bemerkbar mache [3], setzt aber sofort hinzu: *nisi quod in massa*

---

[1] l. c. pag. 24.

[2] Von Reissner in seiner unten angezogenen Arbeit bestritten. S. 564.

[3] l. c.

cinerea, quae ventriculi quarti fundum format, atque in filo terminali largior illarum, quam in reliquis medullae partibus, multitudo exstare videtur. Stilling sagt bei der Kritik der von Kupffer für die Bindegewebskörperchen angegebenen Charactere über ihr Vorkommen [1]): „Sie kommen ebenfalls (wie die grossen Nervenzellen) überall in der grauen Substanz vor, aber auch bald an der einen, bald an der anderen Stelle vorzugsweise, oder gehäuft oder ausschliesslich.“ Eine eigenthümliche Anordnung derselben in dem Marke irgend eines Thieres ist ihm aber nicht bekannt. Köllicker spricht endlich von einem massenhaften Vorkommen gedachter Zellen an einzelnen Stellen des Nervensystems [2]).

Wenn nun diese Anordnung der vielgenannten Zellen im Rückenmarke der Forelle und in der *medulla oblongata* des Hechtes es mehr als wahrscheinlich machte, dass sie specifische, in den verschiedenen Theilen der grauen Substanz verschieden und eigens angeordnete Zellen seien, so wurde dies durch die Untersuchung des Schildkröten-Rückenmarks zur Gewissheit erhoben.

Wenn man einen mit Carmin infiltrirten Querschnitt aus der Dorsal- oder Lumbalanschwellung des Rückenmarkes von *Emys europaea* oder *Testudo graeca* unter dem Mikroscope betrachtet, so sieht man zuvörderst, dass die graue Substanz vollkommen ausgebildete Vorder- und Hinterhörner bildet, wie bei Vögeln und Säugethieren (dass mithin Bidder's und Kupffer's Ausspruch, dass bei *Amphibien* (im Allgemeinen) von einem Vorkommen der Hinterhörner kaum die Rede sein kann [3]) unrichtig ist). Man sieht ferner, dass in den Vorderhörnern sehr grosse Ganglienkugeln mit zahlreichen Fortsätzen liegen, dagegen in den Hinterhörnern ausschliesslich die von Bidder und Kupffer beschriebenen Bindegewebskörperchen mit einem Durchmesser von $^1/_{260}$—$^1/_{180}$—$^1/_{110}$ Millimeter sich finden, während die grossen Ganglienkugeln einen zehnmal grösseren Durchmesser (wenigstens nach einer Richtung hin) darbieten (einen Durchmesser von $^1/_{26}$—$^1/_{18}$ Milli-

---

[1]) l. c. pag. 898.

[2]) l. c. pag. 293.

[3]) l. c. pag. 64.

meter), und in der That keine Uebergangsstufen von den Zellen der einen zu den Zellen der andern Art existiren.

Sonderbar! Für jene Thierklassen mit entwickelten Hinterhörnern des Rückenmarks, welche Bidder und Kupffer (sowie Metzler und Schilling) untersuchten, und von welchen sie die Angabe machten, dass sich in den Hinterhörnern keine grossen und unzweifelhaften Nervenzellen finden, für das Mark des Menschen, der Säugethiere und Vögel hat sich ihre Angabe nicht bestätigt. Es ist eine ziemlich von allen Forschern übereinstimmend beobachtete Thatsache, dass sich auch in den Hinterhörnern des Rückenmarks des Menschen, der Säugethiere und Vögel unbesreitbare Nervenzellen befinden [1]), und ich selbst habe mich von deren Vorkommen im Hinterhorne des menschlichen und des Kaninchen-Rückenmarks überzeugt.

Für eine Thierklasse aber, welche Bidder und Kupffer *nicht* untersuchten, für die Klasse der Schildkröten, ist ihre Angabe richtig. Ich habe niemals in dem Hinterhorne des Schildkröten-Rückenmarks eine grosse Ganglienkugel gesehen.

Insoweit würde der Bau des Rückenmarks der Schildkröten mit dem Schema übereinstimmen, welches Bidder und Kupffer vom Baue des Rückenmarks überhaupt entwarfen.

Macht man aber einen Querschnitt durch einen Theil des Schildkröten-Rückenmarks, welcher zwischen den beiden Intumescenzen liegt, so wird man mit Erstaunen bemerken, da sich da *weder* in den Vorder- *noch* in den Hinterhörnern *eine einzige grosse Ganglienkugel* befindet. Man wird ferner an Schnitten, welche gerade in die Bahn der vorderen Nervenwurzel fallen, dieselbe aus der Spitze des Vorderhorns hervorgehen sehen in einer Weise, wie ich es bei keiner andern Thierklasse noch beobachtet habe. Die vordere Nervenwurzel stellt schon innerhalb des Rückenmarks, während sie durch die weisse Substanz zieht, einen vollkommen gesammelten, sogar von einem Neurilem umgebenen Strang dar, welcher als rother Streifen, umgeben vom ungefärbten Marke schon mit freiem Auge sichtbar ist.

Mit Bidder und Kupffer müsste man annehmen, dass im

---

[1]) Siehe Stilling, l. c. pag. 848.

Schildkröten-Rückenmarke vordere und hintere Colonnen der grauen Substanz mit Ausnahme der beiden Intumescenzen keine nervösen Elemente enthalten. Man müsste weiter gehen und erklären, dass die aus dem Rückenmarke entspringenden motorischen Nerven mit Ausnahme jener, die aus den Intumescenzen hervorgehen, aus Bindegewebe bestehen, denn wiewohl ich den Uebergang eines einzelnen Fortsatzes jener problematischen Zellen in eine markhaltige Faser nicht gesehen habe, so erkennt man doch leicht, dass eine grosse Anzahl ihrer Fortsätze in den gesammelten Strang der vorderen Nervenwurzel eingeht, wahrscheinlich um zum Achsencylinder zu werden. Die Annahme, dass die Fasern jener motorischen Nervenwurzeln, die nicht aus den Intumescenzen entspringen, von Ganglienzellen stammen, welche in den Intumescenzen liegen und die ihre Fortsätze nach aufwärts und abwärts abschicken, um sie an der Austrittsstelle der einzelnen Nervenwurzeln in dieselben übergehen zu lassen, ist unstatthaft, weil die Zahl der in den Intumescenzen liegenden grossen Ganglienzellen nicht hinreichend ist, um mit ihren Fortsätzen die vorderen Wurzeln aller Rückenmarksnerven zu bilden, und man andererseits den Verlauf und Querschnitt dieser auf- und absteigenden und in die Nervenwurzeln einbiegenden Fasern auf Längs- und Querschnitten des Rückenmarks erkennen müsste.

Man muss also die sogenannten Bindegewebszellen, welche in den Vorderhörnern des Schildkröten-Rückenmarks liegen und deren Fortsätze eine Reihe der vorderen Nervenwurzeln bilden, als Zellen ansehen, denen neben unbekannten Wirkungen auch theilweise eine motorische zukommt. Bei diesem merkwürdigen Grössenunterschiede zwischen den motorischen Elementen in den Intumescenzen und dem dazwischen gelegenen Theile des Rückenmarks wird man unwillkürlich daran erinnert, dass aus den Intumescenzen die motorischen Fasern für die Muskeln der vorderen und hinteren Extremitäten entspringen, dazwischen aber die bewegenden Nerven für die Rückenmuskeln abgehen, die bei den Schildkröten zum Theile so viel wie keine Wirksamkeit äussern, zum Theile, wie bekannt, in ihrer Form eigenthümlich metamorphosirt sind.

In den Vorderhörnern des Schildkröten-Rückenmarks kann man

also von einer motorischen Wirkung der viel besprochenen zelligen Gebilde mit Recht sprechen. Was ihnen aber ausser dieser für Wirkungen zukommen, welche Bedeutung überhaupt die graue Substanz als solche hat, bleibt vorläufig in tiefes Dunkel gehüllt.

Ich kann diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne zu erwähnen, dass der ganze Kern des kleinen Gehirns der Fische (Hecht) aus ähnlichen zelligen Gebilden besteht, wie sie in der grauen Substanz des Rückenmarks vorkommen, zelligen Gebilden mit einem Durchmesser von $^1/_{250}$ Millimeter. In diesem aus kleinsten Zellen gebildeten centralen Theile des kleinen Gehirns, welcher den weit überwiegenden Theil des ganzen kleinen Gehirns ausmacht, sieht man nur einzelne grössere Gefässstämme, und hie und da einen durchziehenden aus markhaltigen Fasern bestehenden Nervenzug. Diesen ganzen Kern des kleinen Gehirns der Fische für Bindegewebe zu erklären, wird Niemandem in den Sinn kommen. Die specifische Wirkung dieser Zellen im kleinen Gehirne der Fische ist jedoch ebenso dunkel, wie sie es zum grössten Theile im Rückenmarke ist [1]).

---

[1]) Die Gründe, welche Reissner in seiner mir nachträglich zugekommenen Arbeit (Beiträge zur Kenntniss vom Baue des Rückenmarks von *Petromyzon fluv.* L., Reichert's und Dubois Archiv, 1860), pag. 505 für die bindegewebige Natur unserer Zellen geltend macht, beziehen sich auf die äussere Aehnlichkeit derselben mit Kernen von augenscheinlich bindegewebiger Natur. Wie wenig beweisend die äusserliche Uebereinstimmung zweier Gebilde für deren Identität ist, kann man sich leicht klar machen, wenn man bedenkt, dass man es einer Zelle als solchen nicht ansehen kann, ob sie eine Ganglienzelle oder eine Krebszelle sei!

XIII.

Ueber die Verwerthung der Photographie für Laryngoskopie und Rhinoskopie.

Von

Johann Czermak in Prag [1]).

Bei der grossen Schärfe, Lichtstärke und Flächenausdehnung der Bilder des Kehlkopfes, wie ich sie seit 1858 vermittelts meines bekannten Selbstbeobachtungsapparates [2]) zu demonstriren vermochte, war es ganz natürlich, dass ich längst auf die Idee gekommen bin, dieselben photographisch fixiren zu lassen.

Ich habe bereits in meiner im Jänner 1860 erschienenen Brochure über den Kehlkopfspiegel (Leipzig, Engelmann) S. 24 mitgetheilt, dass der Photograph J. Simonyi in Pesth, mit welchem ich die Ausführung meiner Idee besprach, es von seinem Standpunkt aus für möglich erklärte, die ihm gezeigten Kehlkopfspiegelbilder zu photographiren.

Im August und September 1860, während meines zweiten vorjährigen Aufenthaltes in Paris, habe ich aber die ersten derartigen Versuche im Vereine mit dem ausgezeichneten naturhistorischen Zeichner und Photographen H. Lackerbauer wirklich angestellt [3]).

---

[1]) Aus dem XLIV. Bande der Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

[2]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie vom 29. April 1858.

[3]) Meine Idee, laryngoskopische Ansichten zu photographiren, hat später, so viel ich weiss, Niemand berücksichtiget, als Dr. Mandl in Paris, der Uebersetzer

Wir verwendeten natürlich Sonnenbeleuchtung und einen meiner Kehlkopfspiegel, welchen ich mir eigens zu diesem Zweck in der kolossalen Grösse von 38 Millim. Höhe und Breite durch Mathieu in Paris hatte anfertigen lassen.

Wir erhielten in der That unverkennbare photographische Bildspuren vom Kehlkopf, allein während die tönende Stimmritze, die Stimmbänder und die *Ventr. Morgagni* recht hübsch gekommen waren, hatte sich von der Epiglottis, den Arytaenoid-Knorpeln und den ary-epiglottischen Falten, welche das Bild erst anschaulich begrenzen sollten, gar nichts Erkennbares abgebildet.

Meine unerwartet plötzliche Abreise von Paris zwang mich diese Versuche, welche wenigstens alle Zweifel über die Möglichkeit derartiger photographischer Aufnahmen beseitigt hatten, vor ihrer gänzlichen Vollendung zu unterbrechen.

Seither habe ich mich lange vergeblich um eine Gelegenheit umgesehen, meine Versuche wieder aufnehmen und zu einem vollständigen Abschluss bringen zu können, bis ich endlich vor Kurzem in dem hiesigen Photographen und Maler J. Brandeis einen Mann fand, der neben seiner Kunstfertigkeit genug wissenschaftliches Interesse besass, um meinen Zwecken Zeit und Mühe bereitwilligst zu opfern. Der ungewöhnlich klare Octoberhimmel dieses Jahres begünstigte das Unternehmen so ausserordentlich, dass es in wenigen Tagen vollständig gelang, und ich die ersten Probebilder bereits in der Sitzung des kürzlich in's Leben getretenen Vereines der Aerzte in Prag vom 16. October und in der Sitzung der k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften vom 21. October vorlegen konnte. —

Ich liess nicht nur mehrere Ansichten vom Kehlkopf, sondern auch Bilder von einigen jener Theile, welche durch meine rhinoskopische Methode dem Auge des Arztes zugänglich geworden sind,

---

meiner Brochure in's Französische. Derselbe hat bei seinem letzten Besuche in Wien eine Camera construiren lassen, und in der Sitzung der Ges. d. Aerzte am 12. October 1860 vorgezeigt, welche nicht nur zu photographischen Aufnahmen des Kehlkopfes bei Gesunden und Kranken, sondern auch zu demonstrativ-didaktischen Zwecken in der Laryngoskopie dienen sollte. (Vgl. Zeitschrift d. Ges. d. Aerzte zu Wien. Nr. 43. 1860, S. 685.)

durch Herrn Brandeis photographisch fixiren. Ja es wurden sogar lebensgrosse, stereoskopische Photographien vom Kehlkopf hergestellt, welche die überraschendsten plastischen Effecte zeigen; und ich beabsichtige, — sobald ich Zeit und Gelegenheit hierzu finde — in dieser anschaulichen Weise, wo möglich, die ganze Reihe der wichtigsten und lehrreichsten laryngoskopischen Ansichten photographiren zu lassen.

Ob es sich verlohnen dürfte, zu versuchen behufs fortgesetzter photographischer Aufnahmen den Mangel an directem Sonnenlicht in der eingetretenen Jahreszeit und im Winter, durch elektrisches oder Drummond'sches Licht zu ersetzen, werde ich demnächst ermitteln.

Hinsichtlich des Verfahrens, welches ich zur Herstellung der beiliegenden Photographien [1]) einschlug, bemerke ich Folgendes:

Ich erzeugte zunächst vermittelst meines Selbstbeobachtungsapparates bei concentrirter Sonnenbeleuchtung in bekannter Weise möglichst lichtstarke laryngo- und rhinoskopische Spiegelbilder, welche statt, wie bei meinen gewöhnlichen Demonstrationen, direct in das Auge des

---

[1]) Die drei mit Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 3 bezeichneten Photographien sind im Archiv der k. Akademie hinterlegt. — Nr. 1 und Nr. 2 sind stereoskopische Doppelbilder auf Glas photographirt. Jedes derselben giebt im Stereoskop ein lebensgrosses Bild meines Kehlkopfes, während des Hervorbringens eines mittelhohen Tones der Brusttstimme. Man übersieht in der Tiefe die 4 Stimmbänder, die *Glottis vocalis* und die *Ventr. Morgagni*, rings begrenzt durch das kurze plastisch emporsteigende Ansatzrohr, welches durch die Epiglottis, die Arytaenoid-Knorpel und die ary-epiglottischen Falten gebildet wird, seitlich davon dringt der Blick in die tiefe mit Schleimhaut ausgekleidete Grube, welche bekanntlich jederseits zwischen der Innenfläche des Schildknorpels und der Aussenfläche des Ringknorpels und des *Lig. Ary-epiglotticum* übrig bleibt. Beide Ansichten sind nicht genau in der Medianlinie aufgenommen, wodurch die asymmetrische Aneinanderlagerung meiner Arytaenoid-Knorpel (die *Cornua Santorini* kreuzen sich, das der rechten Seite greift nämlich vollständig über das der linken Seite herüber, vgl. über diese Asymmetrie Garcia's und meine früheren Angaben l. c. Taf. II. Fig. 5) noch auffallender hervortritt. Die Ansicht Nr. 2 ist zugleich mehr von hinten, die Ansicht Nr. 1 mehr von oben aufgenommen, wesshalb in Nr. 1 von den Arytaenoid-Knorpeln weniger, vom Zungengrunde mehr im Spiegelbilde erscheint, als bei Nr. 2. — Nr. 3 ist eine rhinoskopische Photographie auf Glas und giebt ein verkleinertes Bild des Septums, der rechten Choane, der mittleren und oberen Nasenmuschel, und eines Theiles der Hinterfläche des Gaumensegels; die linke Choane liegt im Schatten.

fremden Beobachters zu fallen, von dem hinter und über dem grossen Beleuchtungsspiegel aufgestellten, photographischen Apparat aufgefangen und auf die matte Glastafel desselben projicirt wurden.

Mein Freund, Herr D. Breisky, dem ich hiermit für seine gefällige Mitwirkung öffentlich danke, überwachte die richtige und scharfe Einstellung der Bilder in der Camera; und Herr Brandeis besorgte hierauf den photographischen Theil der Aufnahme.

Ich liess die laryngoskopischen Spiegelbilder aus naheliegenden optischen Gründen in sehr verkleinertem Massstab, aber möglichst scharf aufnehmen. Die erhaltenen negativen Bilder wurden dann in bekannter Weise vergrössert, um lebensgrosse, positive Matrizen zu geben, die entweder gegen das Licht gehalten, unmittelbar benützt wurden, oder durch abermalige Aufnahme in negative verwandelt, endlich auf Papier copirt wurden.

Als photographischer Apparat diente ein gewöhnlicher sogenannter „Multiplicator“ Berliner Fabrikation, d. i. eine Camera mit 4 Objectiven, in welcher gleichzeitig 4 Bilder entstehen, von denen immer je zwei, nämlich die beiden oberen zusammen und die beiden unteren zusammen, im Stereoskop combinirbar sind.

Da es sich beim Photographiren des Kehlkopfes um eine möglichst rasche Aufnahme beweglicher Theile handelt, so wurde die Expositionszeit zwar möglichst abgekürzt, doch muss ich bemerken, dass sich Herr Brandeis das zu den sogenannten instantanen Photographieen dienende Collodiumpräparat noch nicht zu verschaffen wusste.

Um übrigens wenigstens keine Zeit zwischen dem Aufsuchen und Einstellen des Bildes auf der matten Glastafel der Camera, und dem Einschieben und Exponiren der empfindlichen Platte verlieren zu müssen, habe ich eine Einrichtung ausgedacht, und an dem „Multiplicator“ des Herrn Brandeis anbringen lassen, welche meines Wissens von den Photographen noch nicht in Anwendung gezogen worden ist.

Ich habe nämlich in der Rückseite des Schiebers, welcher die präparirte Platte einschliesst, gerade an der Stelle, wo eines jener 4 gleichzeitig entworfenen Bilder projicirt wird, ein kleines Thürchen

ausschneiden und daselbst statt der mit Collodium überzogenen Glastafel eine mattgeschliffene einsetzen lassen.

Es ist leicht zu verstehen, wie man durch diese Einrichtung in den Stand gesetzt wird, die richtige und scharfe Einstellung des Apparates nach dem einen auf der matten Glastafel projicirten und durch das Thürchen in der Wand des Schiebers fortwährend sichtbaren Bildchens zu finden, und in dem günstigsten Momente sofort durch Abheben des Deckels der 3 übrigen, bis dahin verschlossenen Objectivlinsen, die photographische Aufnahme dreier Bilder zu bewerkstelligen, von denen die beiden unteren stereoskopisch combinirbar sind.

Ich brauche kaum zu erwähnen, dass die 4 im Multiplicator entstehenden Bilder niemals congruent sind, sondern constante parallaktische Differenzen zeigen, und dass diesem Umstande natürlich Rechnung getragen werden müsse, wenn man in der angedeuteten Art die gemeinschaftliche Einstellung und Aufstellung des Apparates nach den Contouren des einen sichtbaren Bildchens besorgen will.

Mit dieser erprobten Verbesserung, welche ich am Multiplicator anbrachte, mache ich mich anheischig — vorausgesetzt, dass momentan arbeitendes Collodium angewendet wird — auch die schwierigsten, so zu sagen nur im Fluge zu erhaschenden Anordnungen meiner Kehlkopftheile, ja selbst pathologische Befunde bei sonst ungeübten Individuen, sobald sie der laryngoskopischen Untersuchung nur einigermassen bequem zugänglich sind, photographisch fixiren zu lassen, wobei der von Dr. Lewin [1]) zuerst angegebene „Fixateur“ des Kehlkopfspiegels gute Dienste leisten dürfte.

---

[1]) Die Laryngoskopie, Berlin 1860, pag. 4.

XIV.

Ueber ungleichsinnige Veränderungen in der Häufigkeit der Athemzüge und der Pulsfrequenz.

Von

Jac. Moleschott

und

Dr. Aliprando Moriggia,

zweitem Assistenten an dem physiologischen Laboratorium der Turiner Hochschule.

Die alte Lehre, dass mit dem Athmen immer auch der Puls häufiger werde und umgekehrt, hat seit einiger Zeit den sorgfältigen Beobachtungen der Aerzte und Physiologen weichen müssen. Van Ghert hat schon vor vielen Jahren gezeigt, dass in Folge heftiger Körperbewegungen zuerst die Athemzüge mehr an Häufigkeit zunehmen als die Herzbewegungen, während in der darauf folgenden Ruhe die erhöhte Pulsfrequenz das beschleunigte Athmen überdauert [1]). In vielen Krankheiten, im Typhus und in der Lungenentzündung z. B., wird häufig eine ungleichsinnige Abweichung der beiden Bewegungszahlen von dem gesundheitsgemässen Mittel beobachtet. Allgemein bekannt sind ferner die Fälle, in welchen nach Durchschneidung beider Halsstämme der herumschweifenden Nerven das Athmen seltner,

---

[1]) Vgl. Donders, Physiologie des Menschen, 2. Auflage, Band I. S. 128.

der Puls häufiger ward, obwohl der Puls (wenigstens bei Kaninchen, bei denen man die Vagi so leicht ohne die Sympathici durchschneiden kann) in diesem Falle, wie Moleschott's zahlreiche Versuche gelehrt haben, nicht nothwendig häufiger zu werden braucht [1]).

Seitdem wir durch Traube, durch Aubert und von Tschischwitz und durch Rosenthal gelernt haben, das Zwerchfell beliebig im zusammengezogenen oder im erschlafften Zustande — d. h. in Inspirations- oder in Exspirationsstellung — anzuhalten, und seitdem Moleschott mit Fudakowski und Peyrani ermittelt hatte, dass eine starke Reizung eines centralen Vagus-Endes die Pulsfrequenz auf reflectorischem Wege steigert, wenn nur die erregenden Ströme nicht übermässig stark gewählt werden [2]), lag ein neues Mittel vor, um zu beweisen, dass die mechanischen Wechselzustände, welche der Brustkorb beim Athmen erleidet, keinen nothwendigen, jedenfalls keinen constanten Einfluss auf die Häufigkeit der Pulsschläge ausüben.

Um die in Rede stehenden Verhältnisse zu studiren, haben wir das Verfahren angewandt, auf welches uns die Entdeckungen von Traube, Aubert und Rosenthal geleitet hatten: wir haben, um das Zwerchfell in der Einathmungsstellung anzuhalten, das gut isolirte centrale Vagus-Ende gereizt, indem die Elektroden vom *N. laryngeus superior* entfernt dem Nervenstumpf anlagen; wo es dagegen darum zu thun war, einen Stillstand des Zwerchfells in Erschlaffung zu beobachten, haben wir die eine der beiden Elektroden in der Nähe des oben genannten Vagusastes angelegt [3]).

Auf solche Weise gelang es uns zu ermitteln, dass sowohl der viele Secunden lang andauernde Erschlaffungszustand, wie die Zusammenziehung des Zwerchfells von einer vermehrten Häufigkeit des Pulses begleitet sein *kann*.

---

[1]) Vgl. Hufschmid und Moleschott im VIII. Bande dieser Zeitschrift, S. 101—113, und Moleschott, ebendaselbst, S. 615—617.

[2]) Ueber die reflectorische Erregung des Herzens, die vom Vagus ausgeht, von Jac. Moleschott und Cajus Peyrani, im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 72—94.

[3]) Vgl. Moleschott im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 70, 71.

Wir theilen zunächst ein Beispiel mit, in welchem bei einem Kaninchen die starke Reizung (mit einem Grove'schen Elemente und ganz übereinander geschobenen Rollen des Schlittenapparats) die Athembewegungen durch sehr verlängerte Exspirationsdauer bedeutend seltener machte oder geradezu das Zwerchfell im erschlafften Zustande auf länger als eine Minute anhielt, während die Pulsfrequenz bedeutend zunahm.

Minute.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Zahl der Athemzüge in der Minute.	Zustand der Zwerchfells.
1	Ruhe	177	49	
2	Reizung	207	23	
3	„	212	24	
4	„	216	15	
5	Ruhe	196	?	
6	„	179	44	
7	Reizung	232	6	
8	„	232	5	
9	„	246	9	
10	„	227	18	
11	„	227	19	
12	„	224	18	
13	„	239	4	
14	Ruhe	205	24	
15	„	193	25	
16	„	186	26	
17	„	190	25	
18	Reizung	197	0	erschlafft.
19	„	217	2	
20	„	216	7	
21	„	224	18	
22	„	221	19	
23	„	217	10	
24	Ruhe	217	25	
25	„	212	28	
26	„	207	31	
27	„	195	30	

In der 9. und 13. Minute ward das Maximum der Pulsfrequenz in dieser Reihe beobachtet, während in beiden Minuten nur äusserst

wenige Athembewegungen erfolgten, und die Seltenheit des Athmens war auf Rechnung der sehr verlängerten Erschlaffungen des Zwerchfells zu setzen. Am allerlängsten dauerten diese Erschlaffungen in der 18. und 19. Minute, und dennoch war gerade hier die Zahl der Herzschläge in der Minute um 7 bis 27 erhöht.

Wir könnten aus unseren Tagebüchern mehr Beispiele anführen, in denen der Ausathmungsstillstand des Zwerchfells von vermehrter Pulsfrequenz begleitet war, allein wir begnügen uns mit der Veröffentlichung der obigen Beobachtungsreihe, weil ja ein einziges Beispiel genügt, um unsre Behauptung zu beweisen, dass nämlich der Puls während einer sehr verlängerten Ausathmung an Frequenz bedeutend zunehmen *kann*. Dagegen muss hier, um Missverständnissen vorzubeugen, ausdrücklich hervorgehoben werden, dass nicht selten die Reizung des centralen Stumpfes eines herumschweifenden Nerven, welche das Zwerchfell in Erschlaffungsstillstand bannt, stark genug ist, um die Häufigkeit des Herzschlags erheblich zu vermindern.

In einer anderen Beobachtungsreihe wurde durch eine minder starke Reizung (Rollenabstand: 0) Stillstand des Zwerchfells im contrahirten Zustande erzielt, und daneben war die Pulsfrequenz des Kaninchens gesteigert.

Minute.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Zahl der Athemzüge in der Minute.	Zustand des Zwerchfells.
1	Ruhe	179	51	
2	„	177	51	
3	„	174	51	
4	„	177	49	
5	Reizung	198	19	die ersten 17″ contrahirt.
6	„	211	13	sehr lang dauernde Inspirationsstellungen.
7	Ruhe	183	46	
8	„	181	55	

Wir hätten also in dieser Reihe bei der höchsten Seltenheit der Athembewegungen — Seltenheit, die von dem sehr langen Beharren des Zwerchfells in Inspirationsstellung herrührt — die grösste Häufigkeit des Pulses.

In anderen Versuchsreihen beobachteten wir während eines sehr grossen Theils der Minute, in welcher das centrale Vagus-Ende gereizt ward, bei erhöhter Pulsfrequenz Stillstand des Zwerchfells im contrahirten Zustande und nachher neben fortbestehender Frequenzvermehrung des Pulses sehr häufige, aber kleine Athemzüge. Auch hiervon wollen wir ein Beispiel mittheilen: der Schlittenapparat war mit einem Grove'schen Elemente bespannt, der Rollenabstand + 5 C. M., das Versuchsthier ein Kaninchen.

Minute.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute. Viertel				Zahl der Athemzüge in der Minute.	Dauer des Zwerchfellstillstandes in Inspiration.	Zahl der Athemzüge in dem Rest der Minute.
		I	II	III	IV			
1	Ruhe	33	67	103	137	57		
2	„	32	64	98	134	54		
3	Reizung	36	78	123	163		43″	62
4	Ruhe	34	70	109	152	75		
5	„	36	73	111	151	66		
6	„	35	71	110	148	60		
7	„	34	70	107	146	55		
8	„	33	67	103	141	49		
21	„	37	64	114	152	43		
22	„	35	72	109	148	46		
23	Reizung	41	88	131	175		40″	44
24	Ruhe	36	75	116	156	50		
25	„	36	72	109	148	45		

Offenbar war sowohl in der 3., wie in der 23. Minute während des Inspirationsstillstandes, zu dem die Erregung des centralen Vagus-Endes das Zwerchfell zwang, die Pulsfrequenz erheblich vermehrt, und wenngleich diese Vermehrung sich in dem letzten Viertel, beziehungsweise Drittel, der Minute, in welchem das Zwerchfell sich

wieder auf und ab bewegte, behauptete, so war doch auch wieder in diesen letzten Zeiträumen gar kein Verhältniss zwischen der Häufigkeit der Athembewegungen und derjenigen des Pulses.

Es sind uns aber auch Fälle begegnet, in welchen die Reizung, welche das Zwerchfell in contrahirtem Zustande festhielt, von einer verminderten Pulsfrequenz begleitet war, und umgekehrt solche, in welchen eine stark vermehrte Häufigkeit der Athembewegungen einer verminderten Pulsfrequenz entsprach.

Aus diesen Erfahrungen geht also hervor, *dass die reflectorische Erregung, welche von den sensiblen Vagusfasern auf die motorischen Nerven des Herzens und des Zwerchfells übertragen wird, sich bei derselben Reizstärke in wesentlich verschiedenem Grade auf die einzelnen motorischen Nerven fortpflanzen kann. Mit andern Worten, die Erregung der sensiblen Vagusfasern kann bei einer gegebenen Reizstärke eine erhöhte Thätigkeit der Zwerchfellnerven hervorrufen, während sie die Herznerven überreizt; aber auch umgekehrt die reflectorische Erregung, welche die sensiblen Vaguselemente zum Angriffspunkt hat, kann sich in den Herznerven als Anreizung zu vermehrter Thätigkeit, in den Zwerchfellsnerven dagegen als Ueberreizung geltend machen.*

Eine Parallele zu diesen Erfahrungen gewinnt man, wenn man den unversehrten Vagus reizt. Es gelingt nämlich sehr leicht, auf den unversehrten Nerven Ströme von der Mächtigkeit anzuwenden, dass die Frequenz des Herzschlags bedeutend herabsinkt, während umgekehrt die Häufigkeit der Athemzüge eine Zunahme erleidet. Die folgende Tabelle liefert ein Beispiel für diese Behauptung; in den betreffenden Reizversuchen wurde ein Grove'sches Element am Inductionsaparat verwendet.

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Puls-frequenz.	Zahl der Athemzüge.
1	Ruhe		147	34
2	Reizung	10 C. M.	67	40
7	Ruhe		141	30
8	„		157	38
9	Reizung	10 C. M.	92	41
3	Ruhe		156	34

Minute.	Zustand des Nerven.	Rollenabstand.	Puls-frequenz.	Zahl der Athemzüge.
12	Ruhe		162	35
13	Reizung	8 C. M.	97	37
14	Ruhe		157	32
15	„		165	35
16	Reizung	+ 5 C. M.	86	49
17	Ruhe		128	42
18	„		149	42
19	„		147	43.

Man sieht, so oft die ziemlich starke Erregung des herumschweifenden Nerven, der unversehrt war, die Häufigkeit des Herzschlags beinahe oder mehr als zur Hälfte der in der Ruhe beobachteten Pulsfrequenz herabdrückte, fand jedesmal eine Steigerung in der Zahl der Athemzüge statt, und das Maximum der Athmungshäufigkeit entspricht einer Minimalfrequenz des Pulses (s. Minute 16). Es versteht sich, dass in diesen Versuchen die vermehrte Häufigkeit der Athemzüge nicht nothwendig allein von der Erregung des Vagus herzuleiten ist, da natürlich Stromzweige durch den Phrenicus gehen mussten; aber das ist für den Zweck, den wir verfolgen, gleichgültig, da es ja nur um die Gewinnung eines Beispiels von Incongruenz in beiden Häufigkeiten, des Pulses nämlich und der Athemzüge, zu thun ist.

Es mag hier im Vorbeigehen auf die allmälige Erholung der das Herz versorgenden motorischen Vagusfasern hingewiesen werden, die in der 17. bis 20. Minute nach der Ueberreizung in der 16. Minute zu Tage kam.

In der letzten Minute vor der Reizung betrug die Pulsfrequenz	165
während der Reizung	86
in der ersten Minute nach der Reizung	128
„ „ 2. „ „ „ „	149
„ „ 3. „ „ „ „	147
„ „ 4. „ „ „ „	167.

Diese langsame Rückkehr zu der höheren Frequenz, die vor der Reizung bestand, scheint uns am natürlichsten als allmälige Erholung, die betreffende Reizung folglich als Ueberreizung aufgefasst zu werden. Diejenigen, die, auf misslungene Versuche sich stützend, noch immer

den Herzvagus für einen Hemmungsnerven halten, können freilich die nach der Erregung langsam ansteigende Frequenz für eine Nachwirkung der Reizung erklären. Ist nun zwar eine lang anhaltende Nachwirkung der Reizung nicht ohne Beispiel [1]), so bildet sie doch die Ausnahme, wie die alltägliche Erfahrung beweist für die Fälle, in welchen beim Aufheben der Reizung die erregende Ursache völlig beseitigt wird. Dass dagegen die Wirkung einer Ueberreizung sich in der Regel nur allmälig verliert, ist nicht nur im Allgemeinen bekannt, sondern es ward auch im Einzelnen für den Vagus von Hufschmid und Moleschott dargethan [2]).

Die Studien, über welche wir hier berichten, hatten für uns ein doppeltes Interesse, weil wir ermitteln wollten, ob etwa ein Schritthalten der Pulsfrequenz mit der Athmungshäufigkeit einen Theil der Erfahrungen erklären könnte, bei welchen die sehr gelinde Reizung des peripherischen Vagus-Stumpfes oder des unversehrten Nerven eine ansehnlich vermehrte Häufigkeit des Pulses hervorbringt. Wir haben aber noch einige directe Versuche angestellt, speciell mit dem Zweck, während einer sehr schwachen Erregung des Vagus nicht nur den Herzschlag, sondern auch die Athemzüge zu zählen. Bei diesen und allen früheren Versuchen wurden wir auf das Freundlichste von Herrn Professor Piso-Borme und von Herrn Dr. Peyrani unterstüzt, denen wir hiermit auch öffentlich unsern Dank bezeugen.

Es war sehr heisses Wetter, als wir im August 1862 diese Versuche in einem sehr trockenen Lokale anstellten. Die Austrocknung des gehörig isolirten Nerven erfolgte so schnell, dass schon hierdurch ein Reiz gesetzt ward, welcher selbst durch die mittelst Nebenschliessung abgestufte, schwächste elektrische Erregung sich bis zu dem Grade steigerte, dass sogar Ströme, welche Rosenthal *a priori* für ganz wirkungslos erklären wollte, eine *Abnahme* in der Häufigkeit des Herzschlags erzeugten. Dass dies in der That daher rührte, dass

---

[1]) Vgl. z. B. Moleschott im VII. Bande dieser Zeitschrift, S. 419, Tabelle VIII, wo der frequenzvermehrende Erfolg einer sehr schwachen Reizung durch 4 Minuten anhielt.

[2]) Siehe diese Zeitschrift, Bd. VIII, S. 86—88.

sich die Austrocknung selbst mit der sehr schwachen elektrischen Erregung zu einer Ueberreizung summirte, geht daraus hervor, dass wir sogleich ganz befriedigende Resultate erhielten, als wir es unterliessen, den Vagus blosszulegen, die Elektrodenplättchen mit nach oben gekehrtem Glase unter die Haut des Halses schoben und nun sehr schwache Wechselströme durch die Weichtheile des Halses schickten.

Um inzwischen dennoch zu unserm Ziele zu kommen, haben wir das peripherische Ende eines durchschnittenen Vagus bei Kaninchen auf ein trocknes Glasplättchen gelegt und das Austrocknen allein zur Erregung benützt. Folgende Zahlenreihen mögen als Beispiele von dem, was bei diesem Verfahren beobachtet wurde, hier eine Stelle finden:

Minute.	Zustand des Nerven.		Pulsfrequenz.	Zahl der Athemzüge.
1	Nerv in der Wunde.	Ruhe	236	132
2		„	237	131
3		„	243	116
4		„	237	126
5		„	240	135
6	Der Nerv war auf dem Glasplättchen ausgebreitet.	Reizung	247	97
7		„	247	103
8		„	250	102
9		„	252	90
10		„	249	82
11		„	268	100
12		„	278	101
13		„	287	90
14		„	289	92
15	Der Nerv ward mit Eiweisslösung befeuchtet.	Ruhe	273	93
16		„	263	96
17		„	255	84
18		„	259	90
19		„	254	90.

In dieser Versuchsreihe stieg die Pulsfrequenz durch Erregung des peripherischen Vagus-Endes allmälig — wie es dem zur Erregung angewandten Verfahren entsprach — um beiläufig 50 Schläge in der Minute. In der nachfolgenden Ruhe sank sie nach und nach wieder und war bis um 35 Schläge in der Minute gesunken, als wir den Versuch unterbrechen

mussten. Die Zahlen für die Athemzüge zeigen daneben allerdings einen sehr unregelmässigen Verlauf, aber trotzdem ist durch die ganze Zahlenreihe die Neigung zur Abnahme in der Häufigkeit der Athemzüge unverkennbar. Das Athmen ward seltner, während der Puls häufiger ward, das Athmen fuhr fort seltner zu werden, als die Pulsfrequenz bei aufgehobener Vagus-Reizung wieder abnahm. Die Häufigkeit der Herzschläge stieg und fiel somit ganz unabhängig von der Zahl der Athemzüge.

Bei einem anderen Kaninchen, bei dem wir auf gleiche Weise verfuhren, erhielten wir folgende Zahlen:

Minute.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz.	Zahl der Athemzüge.
1	Ruhe	176	57
2	„	175	56
3	Reizung	186	59
4	„	186	53
5	„	189	57
6	„	188	54
7	„	190	52
8	„	192	48
9	„	200	50
10	„	200	49
11	„	191	40
12	„	188	55
13	„	193	56
14	„	193	57
15	„	189	52
16	„	187	50
17	„	194	49
18	Ruhe	188	48
19	„	178	50
20	„	179	57.

Es ist, wie diese und andere von uns gewonnene Zahlenreihen lehren, an ein stets und unter allen Umständen gleichsinniges Wachsthum der Zahlen für den Puls und die Athemzüge nicht zu denken, mithin kann auch nicht davon die Rede sein, die von Schiff und von Moleschott in so zahlreichen Fällen beobachtete Vermehrung der Pulsfrequenz bei sehr

gelinder Vagus-Reizung mit Veränderungen in dem Rhythmus der Respiration in Zusammenhang zu bringen.

Wiederholen wir zunächst in der Kürze das Thatsächliche, das sich bei unsern Untersuchungen ergeben:

1) *es kommt eine Vermehrung der Pulsfrequenz vor, welche den Stillstand des Zwerchfells begleitet, gleichviel ob dieser Stillstand in der Inspirationsstellung oder in der Exspirationsstellung stattfindet;*

2) *der Herzschlag kann erheblich viel seltner werden, während das Athmen häufiger wird;*

3) *es kann umgekehrt die Häufigkeit des Pulses bedeutend zunehmen, während die Athemzüge um Vieles seltner werden.*

Und aus diesen Thatsachen ergiebt sich der allgemeine Satz, *dass wenn auch sehr häufig, um nicht zu sagen gewöhnlich, die Erregung in den Centraltheilen gleichsinnige Veränderungen in der Häufigkeit der Herzschläge und der Athemzüge bedingt, dennoch keine nothwendige zeitliche Beziehung zwischen den Bewegungen des Herzens und des Zwerchfells stattfindet.*

So wohl in den Centraltheilen, wie an der Peripherie können Bedingungen gegeben sein, von denen es abhängt, dass nicht nur die Häufigkeit des Athmens mit der der Herzschläge nicht Schritt hält, sondern beide in entgegengesetztem Sinne, und zwar bedeutend, sich ändern. Man muss sich also, zumal in Krankheiten, hüten, aus der Häufigkeit der Athemzüge ohne Weiteres auf die Pulsfrequenz zu schliessen.

Turin, im August 1863.

XV.

Chronoskopische Versuche über die Geschwindigkeit der verschiedenen Sinneseindrücke und der Nerven-Leitung.

Von

Dr. Adolph Hirsch,

Director der Sternwarte in Neuenburg.

Vorgetragen in der naturforschenden Gesellschaft zu Neuenburg am 8. Nov. 1861.

Meine Herren!

Ich habe Sie eingeladen, einigen physiologischen Versuchen über die Schnelligkeit der verschiedenen Empfindungen beizuwohnen, und ich glaube vor allem Andern Ihrem Erstaunen, dass Versuche dieser Art auf einer Sternwarte angestellt werden, zuvorkommen zu müssen, indem ich Ihnen die Umstände zu erklären suche, die mich zu diesen Untersuchungen geführt haben. —

Unter den Instrumenten des Astronomen nimmt auch das Nervensystem des Beobachters seine Stelle ein, dessen so zu sagen instrumentale Abweichungen zu bestimmen von gleicher Wichtigkeit ist, als die Fehler jedes andern von uns angewandten Instrumentes zu ermitteln. In der That sucht man denn auch bei den Beobachtungen, die von verschiedenen Astronomen gemacht werden, womöglich deren persönliche Gleichung, d. h. die Zeit zu bestimmen, um welche der Eine von ihnen schneller beobachtet als der Andere. Das zu dieser Bestimmung angewandte Mittel ist von astronomischer Natur, und be-

steht in gleichzeitigen Beobachtungen von Sterndurchgängen und zwar der Art, dass zwei Astronomen, welche ihre persönliche Gleichung finden wollen, entweder abwechselnd dieselben Sterne an der ersten und zweiten Hälfte des Fadennetzes in demselben Meridianfernrohre, oder auch indem jeder von ihnen eine Reihe von Sternen beobachtet; im ersteren Falle erhält man, indem man die von jedem der beiden Astronomen beobachteten Durchgänge auf den Mittelfaden reducirt, für den Durchgang des Sternes durch den Meridian zwei Resultate, deren Verschiedenheit eben die gesuchte persönliche Gleichung ist; im zweiten Falle bestimmt man die Correction der Meridian-Uhr gesondert durch die Beobachtungen der beiden Astronomen und die Differenz dieser beiden Uhr-Correctionen ergiebt ebenfalls die gesuchte Gleichung. —

Durch diese Methoden erhält man demnach relative, aber keine absoluten Werthe; man findet persönliche Gleichungen, aber keine persönlichen Correctionen. Es würde offenbar von grossem Interesse sein, wenn jeder Beobachter seine persönliche Correction kennte, d. h. die Zeit, die zwischen dem Momente des Erscheinens des von ihm beobachteten Phänomens und dem Momente verfliesst, in welchem er dasselbe auffasst. Denn nicht allein liessen sich auf diese Weise die auf verschiedenen Sternwarten und zu verschiedenen Zeiten gemachten Beobachtungen selbst von Astronomen, die sich nicht mit einander verglichen haben, direct mit einander verbinden, sondern man würde auch wenigstens in vielen Fällen Resultate erzielen, die der Wahrheit näher kämen.

Diese neue Methode, die physiologische Correction der Beobachter zu bestimmen, ist besonders wünschenswerth und zu gleicher Zeit möglich geworden, seitdem die electrische Beobachtung in die Astronomie eingeführt ist, durch welche die Schätzung, die nach der alten Methode bei der Untertheilung der Secunde angewandt wurde, durch eine instrumentale Messung — vermittelst des Chronographen — ersetzt worden ist. Jetzt, wo der Beobachter im Augenblick, wo er die Bisection eines Sternes sieht, nur einen Strom zu schliessen braucht, ist es möglich geworden, die Zeit zu bestimmen, die er zum Sehen und zur Bewegung des Fingers nöthig hat.

Dies nun, meine Herren, ist der Zweck der Untersuchungen, über welche ich Ihnen heute eine erste Mittheilung zu machen gedenke, indem ich mir vorbehalte, dieselbe später zu vervollständigen.

In diesem Versuche, die verschiedenen Functionen des Gehirns und Nervensystems gleich jeder andern materiellen Kraft physischen Regeln zu unterwerfen, liegt übrigens nichts Unmögliches, kaum Erstaunliches, seitdem die moderne Wissenschaft und vor Allem ein Gelehrter Neuenburger Abkunft, H. Dubois-Reymond, in seinem berühmten Werke „Untersuchungen über thierische Electricität" nachgewiesen hat, dass die Nerventhätigkeit im Grunde wahrscheinlich nur eine electrische Erscheinung sei, und seitdem ein anderer grosser Physiolog, Helmholtz in Königsberg, durch eine classische Arbeit bewiesen hat, dass die bei der Thätigkeit der Nerven stattfindende Geschwindigkeit weit entfernt mit der des Lichtes, oder der dem electrischen Strome zugeschriebnen verglichen werden zu können, nicht einmal den fünften Theil der Geschwindigkeit des Schalles erreicht.

Ohne hier in die Details der ebenso verwickelten, als scharfsinnigen Forschungen Dubois-Reymond's, noch auf die von Helmholtz in seinen berühmten Experimenten über die Schnelligkeit der Nervenleitung verfolgten Methode eingehen zu können, muss ich mich darauf beschränken, Ihnen das Hauptresultat mitzutheilen, wonach die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit in den motorischen Nerven des Frosches 27 Meter, hingegen in den sensiblen Nerven des Menschen im Durchschnitt 60 Meter in der Secunde beträgt.

Uebrigens werden ihnen die angeführten Arbeiten bereits durch das Résumé bekannt sein, welches Herr Ule in einem an unsern Collegen, Herrn Desor gerichteten Briefe davon gegeben, und welcher von Letzterem vor einigen Jahren schon in der Revue Suisse veröffentlicht worden ist. Helmholtz hat damals zugleich ermittelt, dass die Zeit, die das Gehirn nöthig hat, um seine Befehle den Bewegungsnerven mitzutheilen, mindestens $\overset{\circ}{0},1$ ist; eine Zahl die je nach den verschiedenen Individuen, und für dieselbe Persönlichkeit je nach der augenblicklichen Stimmung und namentlich im Verhältniss zu der mehr oder minder gespannten Aufmerksamkeit differirt. Vom Gehirn läuft die Botschaft wahrscheinlich mit derselben Geschwindigkeit durch die motorischen Nerven zurück,

mit der die Reizung in den sensiblen Nerven zum Gehirn gelangt; und endlich vergeht noch etwa $\overset{s}{0},01$, ehe der Muskel sich nach Empfang des Befehles in Thätigkeit setzt. Die Totalität des Nervenvorganges erfordert nach Helmholtz $\overset{s}{0},125$ bis $\overset{s}{0},200$.

Diese Messungen sind sämmtlich nach der Pouillet'schen, von Helmholtz vervollkommneten Methode gemacht, deren Wesen darauf beruht, aus dem grössern oder geringeren Ausschlag der Magnetnadel auf die Dauer des dieselbe umkreisenden Stromes zu schliessen. Es würde nun offenbar vom grössten Interesse sein, die Experimente von Helmholtz nach einer Methode zu wiederholen, welche gestattet, die zwischen dem Momente des Reizes und dem darauf folgenden physiologischen Effecte verflossene Zeit direct zu messen. Da jedoch eine derartige Arbeit mehr in das Bereich des Physiologen gehört, so würde ich dieselbe ohne den schon erwähnten speciellen Zweck nicht unternommen haben; dem entsprechend habe ich mich denn auch befleissigt, besonders die Geschwindigkeit derjenigen physiologischen Operationen zu bestimmen, die mit den astronomischen Beobachtungen in unmittelbarer Verbindung stehen. Es sind also besonders Gesicht und Gehör, mit denen wir es zu thun haben, und ausserdem die für die Hand erforderliche Zeit, um die electrischen Signale zu geben. — Wünschenswerth ist aber hierbei, nicht allein die Zeit zu bestimmen, deren man durchschnittlich zu jeder dieser Empfindungen oder Operationen bedarf, sondern es ist auch höchst wichtig, die Beständigkeit oder wenn Sie wollen, die Sicherheit kennen zu lernen, mit welcher jede dieser Functionen vor sich geht. Denn selbst für den allergeübtesten Beobachter wechseln die Zeiträume je nach der augenblicklichen Stimmung; aber in welchen Grenzen? und ist diese Veränderlichkeit für Gehör und Gesicht dieselbe? etc. — Auf diese letzteren Fragen erhält man bestimmte Antworten, indem man die Zeitmessungen in grosser Anzahl vornimmt, und alsdann durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung den mittlern oder wahrscheinlichen Fehler einer Beobachtung bestimmt.

Um es also noch einmal bestimmt auszudrücken, der Zweck dieser Untersuchungen ist das, was man die *physiologische Zeit* nennen könnte, für die verschiedenen Sinne, als Gehör, Gesicht und Gefühl zu bestimmen. Diese Zeit umfasst drei ausserordentlich schwer, wenn

nicht unmöglich zu trennende Elemente: 1) Die Fortpflanzung der Empfindung vom Sinnesorgan bis zum Gehirn; 2) die Thätigkeit des Gehirns, welche darin besteht, die Empfindung so zu sagen in einen Act des Willens zu verwandeln; 3) die Fortpflanzung des Willens-Actes durch die Bewegungsnerven, und die Ausführung der Bewegung durch die Muskeln.

Bevor ich jedoch näher in die Einzelheiten der Versuche selbst eingehe, ist es wohl am Platze, hier einige Worte über das Instrument, (Fig. V) welches dazu gedient hat, zu erwähnen. Es ist dies das Chronoskop des Herrn M. Hipp, welcher bereitwilligst zwei dieser Apparate auf einige Zeit zu meiner Verfügung gestellt hat. Es scheint mir am Orte, von diesem für den Physiker sowohl als für den Physiologen ungemein nützlichen Instrumente, welches noch nicht nach Verdienst bekannt ist, eine etwas eingehende Beschreibung zu geben; denn es ist sicherlich unter den zur Messung sehr kleiner Zeiträume ersonnenen Instrumenten eines der genauesten und zugleich für den Gebrauch bequemsten. Seine Genauigkeit verdankt das Chronoskop vor Allem dem von Herrn Hipp erfundenen, für sehr schnelle und ununterbrochene Bewegungen, bei denen das Pendel nicht anwendbar ist, bestimmten sehr sinnreichen Regulator. Dieser Regulator besteht in einer vibrirenden Feder, welche an einem ihrer Enden gefasst, mit dem andern frei schwingt, und bei jeder ihrer Schwingungen einen Zahn des Steigrades vorbeilässt; indem nun eine solche Feder eine bestimmte, von ihren Dimensionen und ihrer Elasticität abhängige Anzahl Schwingungen in der Secunde macht, zwingt sie das Steigrad, mit einer gleichen Anzahl Zähne in der Secunde sich unter ihr durch zu bewegen, und regulirt auf diese Weise den Gang eines Uhrwerks mit grosser Sicherheit und Genauigkeit. Zugleich bietet sie den grossen Vortheil, dass man sie selbst auf das Leichteste mit Hülfe des von ihr hervorgebrachten Tones und einer die beabsichtigte Anzahl Schwingungen in der Secunde vollziehenden Stimmgabel reguliren kann. Die Regulir-Feder des Chronoskop's z. B. soll 1000 Schwingungen in der Secunde machen; vermittelst einer die gleiche Anzahl Schwingungen gebenden Stimmgabel bringt es ein nur irgend geübtes Ohr leicht dahin, der Feder diese Geschwindigkeit zu geben, da schon ein Un-

terschied von 20 Schwingungen genügt, einen von dem Tone der Stimmgabel merklich verschiedenen Ton zu erzeugen. Der noch übrig bleibende Fehler kann nachher durch Versuche vermittelst der sehr feinen Regulirschraube berichtigt werden.

Wir wollen nun zeigen, wie dieser Regulator beim Chronoskop benutzt ist.

Das Chronoskop ist im Grunde ein durch ein Gewicht getriebenes Uhrwerk, dessen Bau aus den Figuren I und II im Wesentlichen zu ersehen ist. In Figur I ist s das Steigrad, welches 20 schief geschnittene Zähne trägt, in welche die Regulatorfeder f in der Weise eingreift, dass sie im Ruhestande das Rad kaum am Umdrehen hindert. Der Auslöse-Hebel a ist dreiarmig; der eine seiner Arme trägt die Auslösungs-Schnur, durch deren Anziehen das Chronoskop in Gang gesetzt wird; der zweite Arm trägt bei e einen Stift, welcher in die Zähne des Steigrades einfällt; und der dritte Arm hält den Hebel der Anlass-Feder d zurück. Dieser Hebel trägt in b eine Klinke, welche in die Zähne des nebenliegenden Rades eingreift und demselben, wenn sie losgelassen wird, eine kräftige Impulsion giebt, deren Intensität durch die Spannung der Anlass-Feder d regulirt werden kann. Diese Impulsion wird durch Vermittlung des Rades r, auf das Steigrad s, und somit auf die Regulator-Feder f übertragen, welche somit in Schwingung versetzt wird, und, wie oben bereits erörtert, diese Schwingungen mit einer Geschwindigkeit von 1000 in der Secunde fortsetzt; gerade, wie ein Pendel, einmal in Schwingung versetzt, dann die seiner Länge entsprechende Anzahl Oscillationen macht.

Da das Steigrad 20 Zähne trägt, von denen jeder in $^1/_{1000}$ einer Secunde unter der Feder durchgeht, so wird dasselbe also eine Umdrehung in $^1/_{50}$ einer Secunde machen; auf der Achse des Steigrades sitzt ein Zehner-Trieb, welcher in das 50 Zähne tragende Rad r, eingreift; dieses wird sich demnach in $^1/_{10}$ Secunde umdrehen, und folglich auch der auf derselben Achse befindliche obere Zeiger Z (siehe Fig. II und V) in $^1/_{10}$ einer Secunde eine Umdrehung vollziehen. Da nun das Zifferblatt dieses Zeigers in 100 Theile getheilt ist, so entspricht demnach ein Theilstrich desselben einem Tausendstel einer Secunde. Aus der Figur II ist dann leicht zu entnehmen, wie die Be-

wegung des Rades r, vermittelst der Triebe A_1 und A_2 und des Zwischenrades r_2 auf das Rad r_3 und somit auf den untern Zeiger Z_2 (siehe Fig. V) übertragen wird. Die Uebertragung ist so berechnet, dass dieser untere Zeiger Z_2 100mal langsamer geht, als der obere, und da sein Zifferblatt ebenfalls in 100 Theile getheilt ist, so rückt er also für jede Umdrehung des obern Zeigers um einen Theilstrich vorwärts. Man ersieht daraus, dass man am obern Zifferblatt Tausendstel-, und am untern Zehntel-Secunden abliest.

Das gesammte, soeben beschriebene Zeigerwerk, — und dies ist ein wesentlicher Punkt in der Construction des Chronoskops — ist unabhängig von dem Hauptwerk, so dass das letztere gehen kann, ohne dass die Zeiger mitlaufen, und diese nur dann in Bewegung gerathen, wenn durch eine gleich zu beschreibende Vorrichtung bei Unterbrechung eines electrischen Stromes die Achse des obern Zeigers vorgestossen wird. Damit wird erzielt, und dies ist bei Messung sehr kleiner Zeiten von kapitaler Wichtigkeit, dass die Zeiger — ohne erst allmälig die Trägheit überwinden zu müssen — sofort mit der ganzen Geschwindigkeit des Hauptwerkes sich zu drehen beginnen. Es ist dies nun auf folgende Weise erreicht: In Fig. II sieht man einen Electromagneten E (der in Fig. IV vollständig abgebildet ist), dessen Ankerhebel b vermittelst seiner am obern Ende befindlichen Schraube c (siehe Fig. III) auf das hinten frei hervorragende Ende der Zeigerwelle w drückt. Diese Zeigerwelle geht frei durch den durchbohrten Trieb des Rades r, und ist in horizontaler Richtung nach vorn und hinten verschiebbar; diese Welle trägt nun ausser dem obern Zeigertrieb A, und dem Zeiger Z, noch den zwischen den beiden Kronrädern K_1 und K_2 gestellten Mitnehmer m. Das Kronrad K, welches 100 spitz geformte Zähne trägt, sitzt auf der Welle des Rades r, und dreht sich also mit diesem; das andre, übrigens ganz gleich geformte Kronrad K_2 hingegen ist auf der vordern Platine (die der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung weggelassen ist) festgeschraubt. Wenn nun die Zeigerwelle w in ihrer Längsrichtung hin und her bewegt wird, so muss der Mitnehmer m bald in das bewegliche Rad K_1 bald in das unbewegliche Rad K_2 eingreifen, und somit im ersten Falle sich mit dem im Gange befindlichen Räderwerk bewegen und im andern Falle

feststehen. Aus den Figuren II und III ist sofort ersichtlich, dass wenn der Ankerhebel l angezogen ist, die Welle w und ihr Mitnehmer m vorgestossen sind, also der Zeiger Z_1 stille steht; wenn der Anker hingegen losgelassen ist, greift m in k_1 ein und lässt damit das Zeigerwerk an der Bewegung des Hauptwerkes theilnehmen.

Aus Allem bisher Gesagten geht also hervor, dass die Zeiger des Chronoskops sich in Bewegung setzen, sobald der in dem Electromagneten desselben circulirende Strom unterbrochen wird, und dass die Zeiger angehalten werden, sobald dieser Strom wiederhergestellt wird.

Das Hipp'sche Chronoskop ist demnach ein Instrument, welches die Anzahl von Tausendstel Secunden misst, die zwischen der Oeffnung und Schliessung eines electrischen Stromes vergehen. — Auf diese Weise kann man mit demselben also z. B. die Fallzeit der Körper bestimmen, indem man (wie es Fig. V veranschaulicht) eine Kugel, von einer mit grosser Geschwindigkeit sich öffnenden und dadurch den Strom unterbrechenden Gabel auf ein Fallbrett auffallen lässt, welches im Moment des Stosses den Strom wieder schliesst. — Es wird damit auch die Fluggeschwindigkeit der Geschosse bestimmt, indem die Kugel beim Verlassen der Geschützmündung den Strom unterbricht und beim Aufschlagen auf die Scheibe denselben wiederherstellt. —

Unsere Versuche wurden in der Weise angestellt, dass das zu beobachtende Phänomen selbst, indem es einen electrischen Strom unterbricht, die Zeiger in Bewegung setzt, während der Beobachter in dem Augenblick, wo er dasselbe wahrnimmt, die Zeiger anhält, indem er den Strom mit Hilfe eines Tasters wiederherstellt.

Nach dieser kurzen Beschreibung des Instrumentes liegt es klar am Tage, dass die Genauigkeit des Chronoskops hauptsächlich von der Gleichheit der Zeiten abhängt, welche der Anker des Electromagneten gebraucht, um seinen Weg beim Oeffnen und beim Schliessen des Stromes zurückzulegen. Denn nur wenn diese Zeiträume gleich sind, wird der Zeitabschnitt, während welcher die Zeiger in Bewegung sind, genau derjenige sein, den man messen will. Nun weiss man, dass diese Anziehungs- und Abreissungs-Zeiten des Ankers je nach der Intensität der Ströme variiren und zwar in verschiedener Weise

bei der Oeffnung und Schliessung der Ströme. Es handelt sich demnach zunächst darum, für jedes betreffende Instrument gerade diejenige Stromstärke zu finden, für welche die Anziehungs- und Abreissungs-Zeiten gleich sind. Man versichert sich dieser Gleichheit durch ein besonderes Experiment, indem man eine Kugel aus verschiedenen Höhen in dem Verhältnisse von 1 : 4 herabfallen lässt und die Stromstärke so lange verändert, bis die durch das Chronoskop für die Fallzeiten angegebenen Zahlen genau in dem Verhältnisse von 1 : 2 stehen.

Nachdem nun dieser Punkt in Ordnung gebracht, kann man sich fragen, welches die Grenzen der Genauigkeit sind, welche die vermittelst des Chronoskopes angestellen Messungen gestatten. Seiner Construction gemäss sieht man sofort, dass eine einfache Messung nicht über ein Tausendstel einer Secunde genau ausfallen kann, da die kleine Gabel, durch welche das Räderwerk der Zeiger angehalten oder ausgelöst wird, sich zuerst auf die Kante eines Zahnes stützen und dann entweder nach rechts oder links abgleiten kann. Um uns eine Idee von der äussersten Fehlergrenze des Chronoskops zu verschaffen, haben wir das Experiment mit der aus gleicher Höhe fallenden Kugel sehr oft wiederholt und aus den erhaltenen Abweichungen den mittlern Fehler berechnet. Dabei haben wir folgende Resultate erhalten:

Fall - Versuche.

Datum. 1861.	Zahl der Beobachtungen.	Mittlere Ablesung. T.	Zu befürchtender Fehler des Mittels. μ	Bei einer Beobachtung zu befürchtender Fehler. m.	
		s.	s.	s.	
27. October.	25	0,2528	$\pm$ 0,0006	$\pm$ 0,0029	Chronosk. I gleiche Höhe
dto.	50	0,2515	0,0006	0,0042	
4. November.	29	0,2014	0.0003	0,0019	Chronosk. II
5. „	35	0,2006	0,0003	0,0017	
6. „	28	0,1984	0,0002	0,0011	Normaler Strom.
6. „	28	0,1903	0,0002	0,0012	
6. „	32	0,1868	0,0002	0,0011	

Bei den ersten Versuchen war der Strom zu schwach.

Man ersieht hieraus also, dass nicht allein, wie wir vorhin schon bemerkten, die Angaben des Chronoskops mit der Stärke des Stromes

wechseln, sondern dass auch die Regelmässigkeit seines Ganges wesentlich davon bedingt wird. Ferner, dass der mittlere Fehler einer Beobachtung, vorausgesetzt dass man die gehörige Stromstärke anwendet, in keinem Falle 2 *Tausendstel* einer Secunde übersteigt, so dass ohngefähr 20 Beobachtungen genügen, um den zu befürchtenden Fehler selbst unter ein Halbes-Tausendstel herabzudrücken.

Um endlich die Beobachtungen zweckmässig reduciren zu können, war es nothwendig zu wissen, bis auf welchen Grad das Chronoskop nach mittlerer Zeit regulirt war; oder man musste den Zeitwerth einer Theilung des obern Zifferblattes bestimmen. Da ich damals über keinen Uhrtaster verfügen konnte, machte ich diese Messung mit Hilfe eines gewöhnlichen Telegraphen-Tasters; ich stellte mich der Normal-Uhr gegenüber, verfolgte deren Secundenzeiger mit den Augen und öffnete den Strom (und setzte dadurch das Chronoskop in Bewegung) zu einer beliebigen Secunde, um denselben dann 10 Secunden später wieder zu schliessen. Ohne Zweifel ward auf diese Weise die Schnelligkeitsbestimmung des Chronoskops durch die physiologische Unsicherheit dieser Manipulation beeinträchtigt; der sich daraus ergebende Fehler aber ward einmal durch die Secundenzahl getheilt und ausserdem noch durch die Wiederholung der Versuche der Art reducirt, dass das Resultat sich einer mehr als genügenden Genauigkeit erfreut, wie aus nachfolgenden Zahlen zu ersehen ist.

Bestimmung der Schnelligkeit des Chronoskops.

Datum.	Zahl der Versuche.	Werth der 10s. in Theilen des Zifferblattes.	Der für das Mittel zu befürchtende Fehler.	Fehler eines Versuches.	Werth eines Theiles des Zifferblattes.	Zu befürchtender Fehler.
			Chronoskop I.			
28. Octob.	49	9874,4 p.	± 0,0080 p.	0,0562 p.	0,001013 s.	± 0,0000008 s.
			Chronoskop II.			
5. Novbr.	48	9895,7 p.	± 0,0076 p.	0,0526 p.	0,0010105 s.	± 0,0000008 s.

Man ersieht daraus also, dass die beiden Instrumente, deren ich mich bediente, sehr nahezu regulirt waren und dass an den Ablesungen des Zifferblattes nur eine kleine Correction anzubringen war.

Wir gehen jetzt nun zu den wirklichen physiologischen Versuchen über und wollen zuvörderst von den auf das *Gehör* bezüglichen sprechen, da sie am unmittelbarsten mit den Fallversuchen in Verbindung stehen. Denn die Anordnung dieser Versuche ist folgende:

Der zur Beobachtung des Falles dienende Apparat besteht in einer Art Gabel die an einer senkrechten Säule entlang beweglich, die Kugel derart trägt, dass wenn man auf eine Feder drückt, die beiden Arme der Gabel sich mit grosser Schnelligkeit öffnen und die Kugel hindurchfallen lassen; zu gleicher Zeit wird der Strom durch die Trennung der beiden Arme unterbrochen. Die Kugel fällt zuletzt auf eine Platte und schliesst durch den Stoss selbst den Strom. Indessen kann man, indem die Einführung der Drähte verändert wird, es so einrichten, dass nicht durch den Fall selbst, sondern durch die Hand des Beobachters, in dem Moment wo er den Fall der Kugel hört, der Strom geschlossen wird.

Es ist leicht begreiflich, dass man bei abwechselnder Anwendung dieser beiden Anordnungen und indem man den Unterschied der Zeitzwischenräume, welche in beiden Fällen durch das Chronoskop sich herausstellen, berechnet, schliesslich durch diese Differenz selbst die physiologische Zeit des Gehörs erhält, oder vielmehr die Zeit, deren der Beobachter bedarf, um das Geräusch des Falles zu hören und um durch den Druck mit dem Finger zu erkennen zu geben, dass er gehört hat.

Es versteht sich von selbst, dass die auf diese Weise erhaltenen Resultate zunächst wegen der Fortpflanzung des Schalles corrigirt worden sind, indem sich der Fallapparat in einer Entfernung von ohngefähr 7 Fuss befand; ferner hat man sich überzeugt, dass die Bewegung des Taster-Hebels, dessen Weg sehr kurz war, unberücksichtigt bleiben konnte; denn indem man den Strom durch die beiden, wie man weiss, an den zwei Enden des Hebels sich befindenden Contacte des Tasters öffnen und schliessen liess, war die zwischen diesen beiden Momenten liegende Zeit eine so kurze, dass das Chro-

noskop dadurch nicht in Bewegung gesetzt ward. Diese Bemerkung gilt übrigens von allen Versuchen, von denen in dieser Abhandlung die Rede ist. Endlich wollen wir noch erwähnen, dass der Beobachter die Kugel nicht fallen sah, und dass die Fallgabel von einem Gehülfen ausgelöst wurde, so dass das Geräusch des Falles also auf eine für den Beobachter völlig unerwartete Weise hervorgebracht wurde.

Ich lasse hier die Resultate zuvörderst für meine eigne Person und darauf die für einige meiner Freunde folgen, welche so freundlich waren, zu diesen Versuchen die Hand zu bieten.

Versuche über das Gehör:

Zahl der Versuche.	Physiologische Zeit.	Zu befürchtender Fehler des Mittels.	Bei einer Beobachtung zu befürchtender Fehler.	Beobachter.
	s.	s.	s.	
81	0,1490	± 0,0029	± 0,0253	Hirsch.
32	0,1584			Mayer.
41	0,1620			G. Guillaume.
22	0,2015			Garnier.
23	0,2432			Desor.
11	0,2433			Hipp.

Man sieht hieraus, wie die für die verschiedenen Individuen zum Hören erforderliche Zeit ziemlich bedeutend variirt, in dem Verhältnisse von 5 : 8 ohngefähr; zudem ist es leicht möglich, dass man bei andern Personen vielleicht noch grössern Unterschieden begegnet wäre.

Ich glaube ausserdem hervorheben zu müssen, dass das sehr geübte Gehör des H. Hipp, der mit dem Ohre allein telegraphische Depeschen abnehmen kann, dennoch am langsamsten hörte; dagegen aber ergeben sich unter den verschiedenen von ihm angestellten Versuchen nur sehr schwache Abweichungen.

Gern hätte ich den Einfluss der Natur des Geräusches oder Tones studirt, wenn derselbe z. B. mehr oder weniger trocken und plötzlich ist etc.; indess die Construction des Apparates sowohl, als auch die Art des Experimentirens eignen sich nicht leicht dazu. Ebenso bleibt es noch zu entscheiden, ob die Wahrnehmung eines rhythmischen Ge-

räusches, wie z. B. des für den Astronomen besonders wichtigen Uhrschlags, nicht mit einer verschiedenen Geschwindigkeit stattfindet; die Analogie des Gesichtes lässt, wie wir sogleich uns überzeugen werden, dies beinahe annehmen.

Wir gehen jetzt zu den Gesichtsversuchen über, zu welchen wir zunächst den von einer Inductionsspule gelieferten electrischen Funken angewandt haben. Die Einrichtung war folgender Art: Der Strom des Chronoskops theilte sich und ging auf der einen Seite zum Electromagneten des Chronoskops, auf der andern zu der Inductionsspule: so dass, wenn der Gehülfe den Strom unterbrach, einerseits die Zeiger des Chronoskops anfingen sich in Bewegung zu setzen, und im nämlichen Augenblicke zwischen den beiden sehr nahen Drähten der äussern Rolle ein Inductionsfunken übersprang, welchen der Beobachter auf einem schwarzen Grunde beobachtete; im Moment, wo er den Funken sah, schloss er, auf den Taster drückend, den Strom, und hielt damit das Chronoskop an. Ich gebe hier die Resultate einiger solcher Versuchsreihen:

Versuche über das Gesicht.

Zahl der Versuche.	Physiologische Zeit.	Zu befürchtender Fehler des Mittels.	Zu befürchtender Fehler einer Beobachtung.	Beobachter.
	s.	s.	s.	
49	0,1974	± 0,0023	± 0,0165	Hirsch.
49	0,2083	0,0021	0,0148	„
46	0,2096	. . . . .	. . . . .	Droz.

Die zweite Reihe von Beobachtungen machte ich mehrere Stunden nach der ersten, als meine Augen durch astronomische Beobachtungen schon etwas ermüdet gewesen sein mögen. Es scheint also, dass die Schnelligkeit der Wahrnehmung, wenn auch in sehr engen Grenzen, von der augenblicklichen Disposition abhängt, ein Umstand, welchem man wahrscheinlich auch bei den übrigen Sinnen begegnen wird.

Die Wahrnehmung eines Funkens schien mir indess doch zu sehr abweichend von der Function des Auges bei den astronomischen Beobachtungen, um nicht zu versuchen, mich mehr den letztern zu

nähern, die darin bestehen, den Durchgang eines bewegten Körpers vor festen Theilstrichen oder Linien zu erfassen. Ich versuchte demnach den Augenblick zu erfassen, wo der untere Zeiger des Chronoskops vor gewissen Strichen des Zifferblattes (0 u. 50 in der senkrechten Linie) vorbeiging; indem ich auf den Taster drückte, sobald ich den Zeiger die vertikale Lage passiren sah, hielt ich ihn an, und fand somit die Zeit, deren ich zur Erfassung jenes Durchganges bedurft hatte. Ich gebrauchte dazu im Durchschnitte von 61 Beobachtungen:

$$0{,}0769 \pm 0{,}0032;$$

der mittlere Fehler einer einzelnen Beobachtung war dabei $\pm$ 0,0251.

Es ist also sicher, dass ich einen derartigen Durchgang bei weitem schneller sehe, als ein plötzliches Phänomen; wahrscheinlich weil man bei einem in Bewegung befindlichen Körper den Augenblick des Durchgangs so zu sagen anticipirt. Durch diese Einwirkung des Urtheils auf die Wahrnehmung mag sich auch wohl die grössere Unsicherheit erklären lassen, die für diese Art von Beobachtungen in höherm Masse als beim Sehen eines plötzlichen Lichtpunktes besteht.

Uebrigens bin ich weit davon entfernt, diese Art von Beobachtungen vollständig dem Durchgange eines Sternes vor den Fäden des Fernrohrs gleichstellen zu wollen. Denn abgesehen von allen andern sehr wesentlichen Verschiedenheiten, ist die Bewegung dieses Zeigers (der bei ohngefähr 4 Centimeter Länge den Kreislauf des Zifferblattes in 10 macht) eine viel zu schnelle, ein Umstand, der natürlich die Sicherheit der Durchgangsbeobachtung beeinträchtigen muss. Da es mir nun aber hauptsächlich darum zu thun ist, die physiologische Zeit für solche Durchgangsbeobachtungen zu bestimmen, die den astronomischen Beobachtungen ganz ähnlich sind, so habe ich mir vorgenommen, einen besondern Apparat eigens für diese Untersuchungen anfertigen zu lassen.

Die Versuche über die physiologische Zeit des Gefühls erschienen mir, obschon in minder directer Verbindung mit den astronomischen Beobachtungen, dennoch von besonderm Interesse, und zwar deshalb, weil man dadurch in den Stand gesetzt wird, das erste Element der physiologischen Zeit bis zu einem gewissen Punkte

von den andern zu trennen, und die Leitungsschnelligkeit in den Gefühlsnerven zu messen, indem man den Eindruck in mehr oder weniger vom Gehirn entfernten Körpertheilen wirken lässt. Um diesen Eindruck hervorzubringen, bediente ich mich eines schwachen Inductionsstromes, welcher ohne die mindeste Nervenerschütterung zu veranlassen, sich vielmehr wie ein leichter Nadelstich fühlbar machte. Es wird wohl kaum zu erwähnen nöthig sein, dass derselbe Strom, welcher in einem seiner Zweige unterbrochen, den schwachen Inductionsstrom erzeugte, zugleich die Zeiger des Chronoskops in Bewegung setzte; der Beobachter hielt die Zeiger an, sobald er den Inductionsstrom fühlte, den ich vermittelst einer Art electrischen, *ad hoc* construirten, Zange nach Belieben durch die verschiedenen Theile des Körpers leiten konnte.

Bei den zuvörderst an mir selbst angestellten Versuchen liess ich den Inductionsstrom durch meine linke Hand gehen, indem ich die beiden Pole mit dem 2. und 5. Finger dieser Hand berührte, während die rechte auf den Taster drückte.

Bei den mit dem H. Dr. Guillaume angestellten Versuchen liessen wir den Inductionsstrom zuerst durch die Wange, alsdann durch die linke Hand und endlich durch den linken Fuss gehen.

Hier die gewonnenen Resultate:

Versuche über das Gefühl.

Zahl der Versuche.	Physiologische Zeit.	Zu befürchtender Fehler des Mittels.	Zu befürchtender Fehler einer Beobachtung.	Bemerkungen.
	s.	s.	s.	
41	0,1733	± 0,0027	0,0176	Beobachter Hirsch.
43	0,1911	0,0022	0,0142	Beobachter Guillaume,
57	0,1110	0,0018	0,0140	Durch das Gesicht passirender Strom.
59	0,1424	0,0028	0,0219	Durch die linke Hand.
61	0,1697	0,0029	0,0229	Durch den linken Fuss.

Die in diesen beiden an mir selbst vorgenommenen Beobachtungsreihen sich ergebende und die mittlere Fehlergrenze bedeutend übersteigende Differenz erklärt sich theilweise durch den Umstand, dass

bei der zweiten Reihe der Strom schwächer, und die Aufmerksamkeit dabei eine gespanntere war. Bei Vergleichung der auf Dr. Guillaume sich beziehenden Zahlen stellt sich der Unterschied der Transmission

vom Gesichte zum linken Fusse als $\overset{s}{0},0587$
„ „ zur „ Hand „ 0,0314 heraus,

welche Zahlen vollkommen mit einander übereinstimmen, da augenscheinlich der Weg von der Hand zum Gehirn um etwas über die Hälfte der Entfernung von dem Fusse zum Gehirne beträgt. Diese Uebereinstimmung und dabei die Verschiedenheiten der drei Beobachtungsreihen, die um Vieles bedeutender sind, als sich durch die mittlern Fehler jeder einzelnen erklären lässt, scheinen mit Recht darauf schliessen zu lassen, dass die Ungleichheiten durch die verschiedene Länge der durchlaufenen Nerven bedingt werden. Indessen wäre es auch möglich, dass die verschiedenen innern Theile, namentlich das Rückenmark im Vergleich zu den peripherischen Nerven, durch welche man den Strom geleitet hat, eine verschiedene Empfindlichkeit besitzen, welche neben der Entfernung vom Gehirne dazu beitragen könnte, die physiologische Zeit zu modificiren. Unter diesem Vorbehalte und indem man die Länge des Nerven-Verlaufs vom Fusse bis zum Gehirn gleich 2 Meter annimmt, würde man für die Leitungsschnelligkeit in den Gefühlsnerven etwa 34 Meter per Secunde erhalten.

Ich gebe diese Resultate jedoch nur als eine erste annähernde Berechnung, welche noch durch zahlreiche, sowohl an verschiedenen Individuen, wie auch an verschiedenen Theilen des Körpers anzustellende Versuche der Bestätigung bedarf, umsomehr, als die von mir erhaltenen Zahlen fast um die Hälfte kleiner sind, als der von Helmholtz für die Geschwindigkeit in den sensiblen Nerven des Menschen gefundene Werth. Es ist Sache der Physiologen, über diese Differenz zu entscheiden, und ich wünsche nur, dass meine Versuche die Fachmänner veranlassen mögen, das vortreffliche und so leicht zu handhabende Chronoskop zu diesen eben so interessanten als wichtigen Untersuchungen zu verwerthen.

Bevor ich nun diesen Gegenstand verlasse, mag mir noch die Bemerkung erlaubt sein, dass nämlich die Fehler der drei Versuchs-

reihen des Dr. Guillaume darauf schliessen lassen, dass die physiologische Zeit des Gefühles um so mehr variirt, je weiter der Theil, wo die Empfindung stattfindet, von dem Gehirne entfernt ist. Besonders kann der bemerkenswerthe Unterschied zwischen $0''{,}014$ für das Gesicht und $0''{,}022$ für die Hand zu dieser Annahme berechtigen.

Zum Schlusse werde ich noch die an mir bis jetzt für die verschiedenen Sinneseindrücke erhaltenen Resultate kurz wiederholen:

	Physiologische Zeit.	Mittlere Variation.
1) Gehör	$0''{,}149$	$\pm\ 0''{,}025$.
2) Sehen eines Funkens .	0,200	$\pm$ 0,016.
3) Sehen eines Durchgangs	0,077	$\pm$ 0,025.
4) Gefühl (linke Hand) . .	0,182	$\pm$ 0,016.

Man ersieht also hieraus, dass das Sehen einer plötzlichen und unerwarteten Erscheinung die meiste Zeit, etwa um ein Drittel mehr als das Gehör erfordert; während die Beobachtung eines Durchgangs sich bei weitem schneller bewerkstelligt. Anderseits aber ist die Genauigkeit oder Regelmässigkeit mit der man sieht, im Verhältniss zum Gehörorgan um vieles, wie 2 zu 3, grösser, währenddem die Beobachtung eines Durchgangs dieselbe Unsicherheit $0''{,}025$ wie das Gehör ergiebt. Für das Gefühl ist der mittlere Fehler einer Beobachtung derselbe, wie für das Gesicht.

XVI.

Ueber persönliche Gleichung und Correction bei chronographischen Durchgangs-Beobachtungen.

Von

Dr. Adolph Hirsch,
Director der Sternwarte in Neuenburg.

Vorgetragen in der naturforschenden Gesellschaft zu Neuenburg im Februar 1863.

Als ich Ihnen im vorigen Jahre meine mit Hilfe des Chronoskops angestellten Versuche über die Geschwindigkeit der verschiedenen Sinneseindrücke mittheilte, kündigte ich die Construction eines besondern Apparates an, zu dem Zwecke, die physiologische Zeit zu bestimmen, welche bei den Durchgangsbeobachtungen der Sterne vor den Fäden der Fernröhre in Betracht kommt. Denn ich verkannte keineswegs, dass weder die Zahl 0,"200, welche ich für das Sehen eines plötzlichen und unerwarteten Phänomens (eines Funkens) gefunden, noch die andre 0,"077, die ich bei der Beobachtung des sehr schnellen Durchgangs des Chronoskop-Zeigers durch seine vertikale Lage erhalten hatte, als der Ausdruck derjenigen Zeit angesehen werden können, welche in dem Organismus des Astronomen zwischen dem wirklichen Augenblick des Stern-Durchganges und dem Momente vergeht, wo derselbe den Strom schliesst, welcher die Beobachtung auf dem Chronographen verzeichnet. Denn nicht nur war die ganze Art der beiden fraglichen Versuche allzusehr von der astronomischen Durch-

gangs-Beobachtung verschieden, sondern — wie ich's bereits damals vermuthete — die physiologische Zeit hängt auch bis zu einem gewissen Grade von der scheinbaren Geschwindigkeit ab, mit der der Durchgang stattfindet.

Um also den Zweck zu erreichen, den ich bei meinen Versuchen über die physiologische Zeit im Auge gehabt hatte, um die bei astronomischen Beobachtungen geltende persönliche Correction bestimmen zu können, musste ich die Versuche so modificiren, dass es möglich wurde im Meridianfernrohr helle Punkte, sozusagen *künstliche Sterne* zu beobachten, und dass diese künstlichen Sterne selbst in dem Augenblicke, wo sie durch den Faden gehen, den Strom unterbrechen und so das Chronoskop in Bewegung setzen.

Die Einrichtung unseres nächtlichen Meridianzeichens erleichtert die Anstellung solcher Versuche auf das Glücklichste. Denn, wie Sie wissen, besteht dieses Meridianzeichen in einem 80 Meter von dem Fernrohr entfernten und in demselben vermittelst einer 4 Meter vor dem Fernrohr aufgestellten Collimator-Linse sichtbaren Gasflamme. Ich brauchte also nur diese Flamme mit einem durch ein feines Loch durchbohrten Schirme zu bedecken, um in dem Fernrohr das Bild eines hellen Punktes, ganz und gar dem eines Sternes 2ter oder 3ter Grösse ähnlich, zu erblicken. Alsdann musste ein Mittel gefunden werden diesem Schirme — und folglich auch dem hellen Punkte — eine regelmässige und der scheinbaren Bewegung der Sterne an Geschwindigkeit vergleichbare Bewegung zu ertheilen; endlich musste der Apparat so eingerichtet werden, dass in dem Augenblicke, wo der künstliche Stern sich hinter dem Faden des Fernrohres befand, ein elektrischer Strom unterbrochen wurde. — Ich glaubte alle diese Bedingungen am einfachsten zu erfüllen durch ein Pendel, an welches ich den Schirm befestigte, und welches beim Durchgang durch seine Ruhelage einen Contact schlösse oder unterbräche. Auf folgende Art hat Herr Hipp, an den ich mich um die Ausführung wandte, und dessen werthvolle Hilfe mir schon so oft nützlich gewesen ist, meine Idee verwirklicht.

In dem granitenen Pfeiler (G), auf welchem sich die Gasflamme (F) des Meridianzeichens befindet, hat man eine Platte (B) solid befestigt, welche die Schneide eines gusseisernen Doppel-Pendels (P) trägt,

das mit zwei beweglichen Gewichten M und M, versehen, in einer auf der Achse des Meridianfernrohrs (und auf der Ebene des Papiers) senkrechten Ebene in der Ausdehnung einiger Grade (etwa um 5°) schwingen kann. Um allzugrosse Kosten zu vermeiden, wird diese Schwingung nicht durch ein Uhrwerk unterhalten, sondern einfach mittelst eines Gehilfen erzielt, welcher das Pendel aus seiner Ruhelage bis zu einem festen Punkte entfernt und es dann loslässt, ohne ihm irgend einen Anstoss zu geben. Dieses Mittel ist um so zulässiger, als man nicht die erste Schwingung zur Beobachtung benutzt, sondern vielmehr erst die Rückschwingung des Pendels; auf solche Weise erhält man in der That eine so regelmässige Geschwindigkeit, als sie der Apparat irgend zulässt. — An dem Dache des kleinen Meridianzeichen-Gebäudes hat man ferner, oberhalb der Flamme, eine horizontale bewegliche Achse (A) befestigt, welche einerseits den Schirm (E) und anderseits einen senkrechten Stab (T) trägt, welcher mit dem Pendel durch eine längs desselben bewegliche Hülse (C) verbunden ist, deren Stift in eines der verschiedenen in den Stab gebohrten Löcher gesteckt wird. Da der Schirm (E) sowohl, als der Stab (T) sich um die Achse (A) drehen, so wird offenbar das schwingende Pendel den Schirm vor der Flamme hin und her bewegen, und zwar mit einer grössern oder geringern Geschwindigkeit, jenachdem man die Hülse (C) höher oder tiefer steckt.

Auf diese Weise ist also die erste Bedingung erfüllt: das heisst man hat einen leuchtenden Punkt, der sich regelmässig bewegt und dessen Durchgang an den Fäden des Meridianfernrohres man grade so beobachten kann, wie den eines wirklichen Sternes.

Um nun auch die Unterbrechung des Stromes im Augenblicke des Durchganges zu erzielen, hat man auf dieselbe Platte B, welche das Pendel trägt, einen Messingstab gestellt, der auf zwei Spitzen, in einer der Schwingungsebene des Pendels parallelen Ebene beweglich ist. Dieser Stab ruht, in seiner vertikalen Lage, gegen einen in dem Pfeiler solid befestigte Knopf (H). Ausserdem ist an dem Pendel ein horizontaler Arm (R) befestigt, der, wenn das Pendel seine östliche Schwinguug macht, sich gegen den Messingstab (L) lehnt und ihn in diese Schwingung hineinzieht, bis er ihn in seiner Ruhelage loslässt,

in dem Augenblicke, wo das Pendel durch die Lothlinie geht, um seine westliche Schwingung zu beginnen. Der Stab (L) und der Arm (R) sind an den Berührungspunkten mit Contactplättchen von Platin versehen, und sind ausserdem in metallischer Verbindung mit zwei Drähten, welche von dem Meridianzeichen-Gebäude zur Sternwarte geführt sind, wo sich das Chronoskop und die Batterie befinden.

Aus dem Bisherigen erhellt mit Leichtigkeit, dass der Strom geschlossen bleibt während der östlichen Schwingung des Pendels, und dass er unterbrochen wird in dem Augenblicke, wo das Pendel durch die Vertikale geht. Um in dieser Beziehung den Apparat genau reguliren zu können, befindet sich am Ende des Messingstabes (L) eine Mikrometer-Schraube (v): Man lässt das Pendel in Ruhe kommen, bringt den beweglichen Faden des Fernrohres (an dem man die Durchgänge beobachten will) zur Halbirung des künstlichen Sternes in dieser Lage, und zugleich stellt man dann die Schraube v so, dass der Contact eben und kaum gebildet wird, wovon man sich mit grosser Sicherheit überzeugt durch das Chronoskop, welches eine äusserst schnelle Aufeinanderfolge von Unterbrechungen und Wiederherstellungen des Stromes hören lässt, wodurch in der That erwiesen wird, dass die beiden Contact-Flächen sich kaum berühren.

Nachdem der Apparat auf diese Weise regulirt ist, geschieht dann die Beobachtung in folgender Art:

Ein Gehilfe, wie ich's oben beschrieben, entfernt das Pendel aus seiner Gleichgewichtslage und lässt es los; wenn dasselbe bei der Rückschwingung durch die Senkrechte passirt, unterbricht es den Strom und macht das Chronoskop gehen. Der Beobachter am Fernrohr, welcher den hellen Punkt sich vor seinem Fadennetz bewegen sieht, schliesst in dem Augenblicke, wo er seine Halbirung durch den beweglichen Faden beobachtet, einen Strom, der das Chronoskop anhält. Ein Dritter endlich liest am Chronoskop die Anzahl der Tausendstel Secunden ab, um welche die Zeiger während der Zwischenzeit fortgerückt sind.

Der Apparat, wie ich ihn soeben beschrieben, hatte genau diese Form nicht vom Anfang an, da ich zuerst den Schirm direct durch einen Arm an das Pendel befestigt hatte. Aber der Umstand, dass

mein künstlicher Stern auf diese Weise eine schnellere Bewegung, als selbst die Aequatorial-Sterne erhielt, und dass ich diese Schnelligkeit nicht ändern konnte, nöthigte mich, die Construction zu modificiren, um diese Bewegung verlangsamen zu können, was ich nun in der That bis zur Geschwindigkeit der Aequatorial-Sterne erreiche.

Mit der ersten Form des Apparats hatte ich einige Versuchsreihen gemacht, deren Resultate ich hier mittheile; ich nenne C die *persönliche Correction oder die physiologische Zeit,* μ den mittleren Fehler des Mittels einer Versuchsreihe, und M den mittleren Fehler einer einzelnen Beobachtung:

Datum 1862	C.	μ	M	Anzahl der Beobachtungen
3. Juli	$0,^{s}122._{8}$	$\pm$ $0,^{s}005._{2}$	$\pm$ $0,^{s}028._{3}$	29
26. „	$0,123._{5}$	$\pm$ $0,005._{7}$	$\pm$ 0,031	30
31. „	0,113	$\pm$ $0.007._{3}$	$\pm$ 0,038	28
Mittel	$0,^{s}119._{8}$	$\pm$ $0,006._{1}$	$\pm$ $0,032._{4}$	87

Nach Abänderung des Apparats fand ich für die gleiche Geschwindigkeit

14. Aug.	$0,116._{5}$	$\pm$ $0,006._{3}$	$\pm$ 0,029	22

und für eine geringere, etwa der der Aequatorial-Sterne gleiche Geschwindigkeit:

9. Aug.	$0,155._{7}$	$\pm$ $0,005._{5}$	$\pm$ 0,031	32
14. „	$0,132._{7}$	$\pm$ 0,011	$\pm$ 0,048	18
Mittel	$0,151._{0}$	$\pm$ $0,007._{4}$	$\pm$ 0,037.	50

Aus diesen Zahlen geht zunächst hervor, dass die persönliche Correction zunimmt, wenn die Durchgangsgeschwindigkeit abnimmt; was vollständig mit der sehr viel kleineren Zahl ($0,^{s}077$) stimmt, welche ich im vorigen Jahre fur die sehr bedeutend schnellern Durchgänge des Chronoskop Zeigers gefunden hatte. — Die Beobachtungs-Fehler schwanken zwischen den Werthen $0,^{s}028$ und $0,^{s}048$, und im Mittel aus sämmtlichen Beobachtungen ist derselbe $0,^{s}033$, welche Zahl also die Unsicherheit einer Durchgangs-Beobachtung ausdrücken würde. Man sieht ferner, dass während die drei Beobachtungsreihen des Juli innerhalb der wahrscheinlichen Fehler untereinander stimmen, dies

nicht ganz für die zwei Reihen des August gilt, wo die Durchgangs-Geschwindigkeit eine geringere war; es scheint vielmehr, dass meine Correction am 9. August etwas stärker war als am 14. — Eine solche — indessen immerhin innerhalb sehr enger Grenzen stattfindende — Veränderlichkeit der persönlichen Correction, hängt natürlich mit der augenblicklichen Disposition des Beobachters zusammen. Wir werden übrigens bald sehen, dass eine derartige Veränderlichkeit der persönlichen Correction nicht nur bei mir noch zu einer andern Zeit sich gezeigt hat, sondern in einem noch höheren Grade bei meinem Collegen Herrn Plantamour.

Als ich mit meinem Genfer Collegen die telegraphische Längenbestimmung zwischen unsern beiden Sternwarten ausführte, mussten wir unsre persönliche Gleichung bestimmen, was wir denn auch zunächst nach der gewöhnlichen astronomischen Methode zweimal gethan haben. Es schien uns dann interessant, unsre Gleichung auch noch mit der chronoskopischen Methode zu ermitteln, indem wir für jeden von uns mit Hilfe meines Apparates die persönliche Correction bestimmten, und dann nachzusehen, bis zu welchem Grade der Unterschied der so gefundenen zwei Correctionen übereinstimmen würde mit unsrer auf astronomischem Wege gefundenen Gleichung. Herr Plantamour, mit seiner gewöhnlichen Gefälligkeit, ist auf meinen Vorschlag eingegangen und wir haben einige Versuchsreihen zusammen gemacht, wovon ich hier die Resultate mittheile:

Datum 1862	Beobachter	C.	μ	M	Anzahl der Beobachtungen
4. Nov.	Hirsch	$0,^s160._3$	$\pm\ 0,^s007._9$	$\pm\ 0,^s064$	66
„	Plant.	$0,\ 113._3$	$\pm\ 0,\ 006._5$	$\pm\ 0,\ 065$	99
Differ.	H.-Plant.	$+\ 0,047$	$+\ 0,010._2$		
5. Nov.	Hirsch	$0,183._6$	$\pm\ 0,006._1$	$\pm\ 0,041$	45
„	Pant.	$0,069._5$	$\pm\ 0,004._8$	$\pm\ 0,042$	77
Differ.	H.-Plant.	$+\ 0,114._1$	$\pm\ 0,007._8$		

Und daraus folgt als wahrscheinliches Mittel für unsre persönliche Gleichung der Werth

$$\text{H.-Pl.} = +\ 0,^s084 \pm 0,^s006.$$

Man sieht also, dass die persönliche Correction von einem Tage auf den andern bei Herrn Plantamour sich im Verhältniss von 11 zu 7 und bei mir von 8 : 9 geändert hat, woraus folgt, dass unsre persönliche Gleichung im Verhältniss von 5 : 11 gewechselt hat. Eine solche Veränderung, welche nicht nur die Fehler der Mittel der Beobachtungsreihen eines Tages bedeutend, sondern sogar die Unsicherheit einer einzelnen Beobachtung (die nur im Verhältniss von 2 : 3 geändert hat) übertrifft, zwingt zu der Annahme, dass die physiologische Zeit für denselben Beobachter von einem Tage zum andern ziemlich bedeutend sich ändert, je nach der augenblicklichen Disposition seines Nervensystems. Unser Körper verhält sich also in dieser Beziehung grade so wie die andern genauen Mess-Instrumente; seine Correction ist veränderlich, wie die eines Meridianfernrohres oder einer Sternuhr. — Dass diese Veränderlichkeit übrigens nicht der angewandten Methode zugeschrieben werden darf, zeigen die ganz ähnlichen Verschiedenheiten zwischen den verschiedenen Werthen der persönlichen Gleichung, welche wir auf astronomischem Wege bestimmt haben, und die in folgenden Zahlen enthalten sind:

Datum	Pers. Gleichung H.-Pl.	μ	M	Anzahl der beobachteten Sterne.
16. Oct. 1861	+ 0,ˢ219	± 0,ˢ023	± 0,ˢ105	20
26. April 1862	+ 0, 127.$_8$	± 0, 008.$_3$	± 0, 053.$_6$	42

Also auch mit dieser Methode haben wir gefunden, dass unsre persönliche Gleichung in sechs Monaten fast um die Hälfte abgenommen hat. Die mittleren Fehler einer Bestimmung sind überdem fast von gleicher Grösse bei beiden Methoden; nur am 16. October 1861 waren sie etwas stärker, was sich durch die besonders ungünstigen atmosphärischen Verhältnisse erklärt, unter denen wir damals beobachtet haben.

Nach alledem ist es also erlaubt, die Resultate der beiden Methoden zu vereinigen und demnach scheint es, dass der Werth unsrer persönlichen Gleichung regelmässig abgenommen hat; denn er war am

16. October 1861 = + 0,ˢ219
26. April 1862 = + 0, 128
4. u. 5. November 1862 = + 0, 084.

Die Geschichte der Astronomie kennt wohl bereits ähnliche Veränderungen in der persönlichen Gleichung zweier Beobachter; aber so viel ich weiss, nicht in so kurzen Zwischenräumen. Indessen bezweifle ich nicht, dass wenn man seine Aufmerksamkeit auf diesen Punkt richtete, man ähnliche Veränderungen auch in der physiologischen Zeit andrer Beobachter finden würde, obwohl natürlich in verschiedenem Grade bei verschiedenen Astronomen.

Auch behaupte ich keineswegs, in den oben für unsre persönliche Gleichung erhaltenen Werthen einen regelmässigen Gang, sozusagen Säcular-Veränderungen wahrzunehmen. Dem widerspräche nicht nur eine kleine Reihe gleichzeitiger Sternbeobachtungen, welche wir am 23. Mai 1861 in Genf gemacht haben, und die im Mittel von 7 Sternen + *0,"130* für unsre persönliche Gleichung ergeben hat, sondern auch das Wachsen ihres Werthes, welches vom 4. auf den 5. November 1862 stattgefunden hat. Man muss vielmehr annehmen, dass die persönlichen Correctionen und Gleichungen unregelmässigen Veränderungen von kurzer Periode unterliegen, die wesentlich von der augenblicklichen Disposition der Beobachter abhängen; und man muss hinzufügen, dass diese Veränderungen doch immer in ziemlich engen Grenzen eingeschlossen bleiben.

Ist es überdem nicht ganz natürlich, dass eine Correction, welche von einer Beobachtung zur andern, am selben Abende, sich um 0,"033 und selbst um 0,"064 (wie z. B. am 4. November) ändern kann, von einem Tage zum andern sich um 0,"023 ändert, wie es für mich vom 4. auf den 5. November stattgefunden, oder auch um 0,"044, wie es bei Herrn Plantamour geschehen ist? Wenn dann diese Aenderungen für zwei Beobachter im entgegengesetzen Sinne stattfinden, so ist es keineswegs erstaunlich, dass die persönliche Gleichung zwischen beiden sich um 0,"067 in zwei Tagen, oder um 0,"091 in sechs Monaten ändert.

Wenn man nun alle Bestimmungen, sowohl astronomische als chronoskopische, der persönlichen Gleichung zwischen Herrn Plantamour und mir in Rechnung zieht, und wenn man jedem Werthe ein dem Quadrate des mittleren Fehlers (μ) umgekehrt proportionales Gewicht zuertheilen wollte, so erhielte man:

Datum	Anzahl der Beobachtungen.	Persönliche Gleichung	μ	p	G $\times$ p.
23. Mai 1861	7	+ 0,^{s}130	$\pm$ 0.^{s}060	278	36
16. Oct. „	20	+ 0, 219	0. 023	1890	414
26. Ap. 1862	42	+ 0, 128	0, 008	15650	2003
4. Nov. „	155	+ 0, 047	0, 010	10000	470
5. „ „	122	+ 0, 114	0, 008	15650	1784

Wahrscheinliches Mittel $= + 0,^s108._3 \pm 0,^s004._8$

Wenn man hingegen bedenkt, dass die fünf für unsre persönliche Gleichung gefundenen Werthe nicht wegen zufälliger Beobachtungs-Fehler von einander verschieden sind, sondern vielmehr weil die Wahrnehmungsfähigkeit jedes Beobachters wirklich sich von einem Tage zum andern ändert, so erscheint es rationeller, jeder Bestimmung den gleichen Werth beizulegen; alsdann erhält man für das einfache arithmetische Mittel: H.-Pl. $= + 0,^s127._6 \pm 0,^s027$.

Dieser Werth ist also von dem wahrscheinlichen Mittel nur um $0,^s02$ verschieden, eine Grösse, die in den meisten Fällen vernachlässigt werden kann. So viel indessen geht andrerseits aus allem Bisherigen hervor, dass — wenn man die äussersten Grenzen der Genauigkeit bei solchen Operationen erreichen will — es wünschenswerth ist, dass die Beobachter in den Stand gesetzt sind, ihre persönlichen Correctionen in den Beobachtungsnächten selbst zu bestimmen. Wenn, wie es mir wahrscheinlich ist, eine solche Veränderlichkeit der persönlichen Correction sich als allgemein herausstellen sollte, so würde es sogar nöthig werden, dass man künftighin auf den Sternwarten die Correction der Beobachter ebenso regelmässig bestimmt, als man es jetzt bereits für die Instrumental-Correction thut, und dass man dann bei der Reduction jeder Beobachtungsreihe den betreffenden Werth der persönlichen Correction anwendet.

Die Thatsachen, welche ich in den obigen Zeilen mitgetheilt, haben also in mannichfacher Beziehung praktische Bedeutung für die Astronomie und modificiren die Vorstellungen nicht unwesentlich, welche man sich bisher von diesen physiologischen Elementen unsrer Beobachtungskunst gemacht hatte.

XVII.

Ueber das Korn im Keimfleck und in dem Kernkörperchen der Ganglienzellen bei Säugethieren.

Von

Dr. **Otto Schrön** in Turin.

Im September 1862, wo ich meine Untersuchungen über den Eierstock der Säugethiere und des Menschen wieder aufnahm, war es mir mehrmals aufgefallen, dass der Keimfleck in seinem Inneren noch einen stark lichtbrechenden Körper zeigte.

Ich war anfangs unschlüssig darüber, ob ich diesen Körper für einen optischen Effect halten sollte, oder für den Ausdruck einer differenten Unterabtheilung im Keimfleck, bis ich mich durch Präparate aus dem Eierstock der Ratte überzeugte, dass dieser Körper zuweilen sich doppelt vorfinde und sich dann durch scharfe Contouren von dem übrigen Inhalt des Keimflecks unterscheiden lasse, woraus ich den Schluss zog, dass derselbe etwas bestimmt Begrenzbares, vielleicht etwas fest Körperliches sei.

Da ich die Literatur über diesen Gegenstand nicht kannte, so glaubte ich etwas noch nicht Beschriebenes vor mir zu haben, überzeugte mich jedoch bald vom Gegentheil, als ich in den Arbeiten von Barry bereits ganz bestimmte Andeutungen über denselben fand und bei weiterem Durchsuchen der Literatur sah, dass der Körper im Keimfleck des Säugethier-Eies schon vor mehreren Jahren Gegenstand

entschiedener Meinungsdifferenzen war, welche damit zum Abschluss kamen, dass man das Vorkommen desselben in Abrede stellte.

Da mir meine Untersuchungen hierüber ein gegentheiliges Resultat geliefert haben, so halte ich es für geeignet, das Interesse der Fachgenossen für diesen Gegenstand von Neuem in Anspruch zu nehmen, umsomehr da der bezeichnete Körper seine analoge Vertretung auch im Innern des Kernkörperchens gewisser Ganglienzellen gefunden hat.

Geschichtliches.

Die *früheste Andeutung* über den Inhalt des Keimflecks, der man jedoch nur den Werth einer Vermuthung, nicht die Geltung einer objectiven Beobachtung beilegen kann, giebt Rudolph Wagner, der bei Veröffentlichung der Entdeckung des Keimflecks Folgendes beifügt:

„Merkwürdig bleibt die Kenntniss der zusammengesetzten Organi„sation im Säugethier- und Menschenei; eine wahre Einschachtelung — „im Graaf'schen Bläschen liegt das Baer'sche Bläschen, im Baer'„schen Bläschen das Purkinje'sche Bläschen. — *Sollte der Keimfleck „wieder ein Contentum haben?* Ich habe bei 800maliger Vergrösserung „bis jetzt nichts deutlicher entdecken können." (Müller's Archiv 1835, pag 376.)

Valentin sagt über den Keimfleck des Menscheneies: derselbe bestehe aus einer halbfesten Masse, in der sich keine isolirten Körnchen wahrnehmen liessen, sondern nur eine äusserst fein granulirte continuirliche Substanz. (Müller's Archiv 1836, pag. 104.)

Die *erste* auf das Korn im Keimfleck bezügliche Mittheilung, welche auf ein positives Untersuchungsresultat basirt ist, giebt Barry in den Philosophical Transactions 1830 Part. I., wo derselbe sagt: dass der Keimfleck fein granulirt sei, und dass derselbe ein Kernkörperchen enthalte, das aus einer das Licht stark brechenden Substanz bestehe.

Ein Auszug von Barry's Arbeit findet sich in Müller's Archiv 1850, pag. 552.

Bischoff sagt:

„Auch bei einer 1300maligen Vergrösserung eines guten Instruments

„von Oberhäusser kann ich an dem Keimfleck des Keimbläschens „des Hundes wie anderer Säugethier-Eier nur eine schwach granulirte „Beschaffenheit erkennen und muss denselben daher ein Körnchen und „nicht ein Bläschen nennnen."

Entwickelung des Hundeeies 1845.

In der Entwickelungsgeschichte des Rehes 1854 spricht sich Bischoff nicht näher über den fraglichen Gegenstand aus.

Steinlin sagt: Die Entdeckung eines Körperchens im Keimfleck des noch unentwickelten Säugethiereies veranlasse ihn zu dem Schlusse, dass das Keimbläschen eine Zelle sei. Dass dieses Kernkörperchen des Keimbläschens bis jetzt noch nicht beobachtet worden sei, erkläre sich leicht dadurch, dass sich dasselbe nur in den frühesten bis jetzt überhaupt noch wenig untersuchten Stadien vorfinde und wieder verschwinde, sobald die erste Anlage gebildet sei.

Nr. 10 u. 11 der Mittheilungen der Züricher naturforschenden Gesellschaft vom Jahr 1847.

Leuckart sagt:

„Mir erschien der Keimfleck der Säugethiere beständig als eine „circumscripte Masse von halbfester Beschaffenheit, die aus einer äusserst „feinkörnigen Substanz bestand. Hier und da liess sich auch wohl ein „kleines Körnchen im Innern deutlich unterscheiden, indessen möchte „ich dasselbe nicht gerade als ein sogenanntes Kernkörperchen deuten, „wie es Steinlin thut."

In Wagner's Physiologischem Handwörterbuch 1853, IV. Band Artikel Zeugung §. 784.

Gerlach sagt:

„Von dem Keimbläschen wird der Keimfleck eingeschlossen. Der„selbe liegt excentrisch in der Nähe der Wand des Keimbläschens. „Bezüglich seines feineren Verhaltens bietet derselbe ziemliche Ver„schiedenheiten dar; denn bisweilen erscheint derselbe aus Elementar„körnchen zusammengesetzt, dann wieder nur fein granulirt, oder er „hat vollkommen die Beschaffenheit der bläschenförmigen Kerne, ja „er wird selbst glänzend, zeigt breitere dunkle Contouren und gleicht „dann vollkommen einem Fettbläschen."

Handbuch der Gewebelehre des Menschen 1854, S. 393.

Kölliker sagt:

„Im Inneren des Dotters und meist nicht ganz in der Mitte liegt „ein kugelrundes bläschenförmiges Gebilde, das Keimbläschen mit „klarer heller Flüssigkeit im Inneren und einem dunkleren festeren „Korn, dem Keimfleck."

Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere 1861 S. 24.

Reichert sagt:

„Nach Bischoff soll der Keimfleck feinkörnig sein und kein „Bläschen darstellen. Ich finde ihn vollkommen durchsichtig, homogen, „ohne irgendwelche Abzeichen. Dass er solide sei halte auch ich, „dem optischen Ausdruck nach, für wahrscheinlich, obschon es mir „nicht gelungen ist, diese Ansicht durch eine genaue Untersuchungs-„methode als Thatsache festzustellen."

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Meerschweinchens 1862, S. 109 u. 110.

Aus dem eben Mitgetheilten lässt sich Folgendes in Kürze zusammenstellen:

Wagner, Valentin, Bischoff, Leuckart, Gerlach Kölliker, Reichert, haben sich von der Existenz einer differenten Unterabtheilung im Keimfleck nicht überzeugen können.

Steinlin bezeichnet das Vorkommen eines Kerns im Keimfleck als characteristisch für das unreife Ei.

Barry beschreibt einen constant im Keimfleck des Säugethier-Eies vorkommenden Körper und nennt denselben Kern des Keimflecks.

Ich nenne denselben Korn des Keimflecks, weil der Keimfleck für mich schon Kernkörperchen ist, und ich in Folge dessen nicht von dem Kern im Kernkörperchen eines Kernes sprechen möchte.

Objective Beobachtung und Methoden der Untersuchung.

Untersucht man Eier aus dem frischen Eierstock einer in der Brunstzeit befindlichen Katze oder eines Kaninchens bei einer Vergrösserung

von circa 600, so findet man stets einige darunter, welche im Keimfleck noch einen dunklen bald mehr runden, bald mehr eckigen Körper erkennen lassen, der ein homogenes Ansehen hat und ein starkes Lichtbrechungsvermögen. Dieser Körper ist sehr schwer sichtbar, wenn man das Ei im *Liquor folliculi* liegen lässt, während derselbe vorübergehend deutlich hervortritt, bei Behandlung mit einer 5procentigen Lösung von phosphorsaurem Natron die im Jahre 1856 von Moleschott mit Recht als ein verhältnissmäsig indifferentes Hülfsmittel für histologische Untersuchungen empfohlen worden ist.

Moleschott's Untersuchungen, Band II. S. 124.

Ungleich klarer tritt der bezeichnete Körper in die Erscheinung an Präparaten, die von Eierstöcken gewonnen sind, welche einige Zeit lang (3—4 Tage) in starkem Weingeist gehärtet wurden, weil dieselben die Anfertigung so feiner Schnitte gestatten, wie sie zur ungetrübten Ansicht eines so kleinen Formelements, wie das in Rede stehende, nöthig sind. Die Schnitte der gehärteten Objecte untersuche ich mit Glycerin, oder ich schliesse dieselben nach vorheriger Imbibition mit einer möglichst neutralen sehr schwach gefärbten Carminlösung in Canada-Balsam ein.

Bei dieser Behandlung der Präparate sieht man, dass fast alle Eier von einem gewissen Entwickelungsstadium an das besprochene Korn im Keimfleck enthalten. Dasselbe ist bald mehr rund, bald eckig, stark lichtbrechend wie bereits Barry hervorhebt, und liegt ebenso oft im Mittelpunkt des Keimflecks, wie excentrisch. Seine Grösse differirt etwas und beträgt im Mittel ungefähr $^1/_{1000}'''$.

Zuweilen enthält der Keimfleck zwei der beschriebenen Körner, die dann gewöhnlich ganz gleiche Durchmesser haben und sich von dem übrigen Inhalte des Keimflecks, sowohl durch ihre Grösse, wie durch ihre optischen Eigenschaften streng unterscheiden. Häufig enthält der Keimfleck, ausser dem beschriebenen stark lichtbrechenden Korn, gar keine Körnchen.

In den frühesten Stadien der Existenz der Eizelle kann ich das beschriebene Korn nicht erkennen, deutlich sehe ich dasselbe erst, wenn die Corticalzelle beginnt ihre äusseren Attribute, die *membrana granulosa* und den Follikel, zu bekommen.

In den ältesten Follikeln, wie man sie noch einige Zeit nach der Conception in der Rinde des Eierstocks findet und welche Eier enthalten, die vielleicht schon in einer regressiven Umwandlung begriffen sind, vermisse ich nicht nur das Korn, sondern häufig selbst den Keimfleck.

In einem Ei aus dem Eierstock der Katze, welches sich durch zwei Keimflecke auszeichnete, enthielt jedes derselben ein Korn.

Bemerkenswerth ist das Verhalten des Korns im Keimfleck gegen die Imbibition. Während die *Zona pellucida* den Farbstoff sehr wenig, das Keimbläschen schwach, der Keimfleck sehr begierig annimmt, bleibt das Korn im Keimfleck ganz ungefärbt.

Analoge Verhältnisse, wie die für das Säugethier-Ei beschriebenen, bieten die Ganglienzellen der *medulla oblongata* des Menschen und Ochsen und die des Kleinhirns des Affen dar.

Auch in einer Anzahl dieser lässt sich ein verhältnissmässig grosses Korn im Kernkörperchen unterscheiden, das sich ebenso wie das des Keimflecks durch starkes Lichtbrechungsvermögen und durch sein neutrales Verhalten gegen die Imbibition auszeichnet.

Subjectives.

Ich halte den beschriebenen im Keimfleck des Säugethier-Eies und im Kernkörperchen gewisser Ganglienzellen vorkommenden Körper für eine differente Unterabtheilung der genannten Gebilde, welche characteristisch ist für ein gewisses Entwickelungsstadium derselben. Differente Unterabtheilung nenne ich das Korn des Keimflecks deswegen, weil dasselbe Contouren zeigt, die sich scharf trennen lassen von dem übrigen Inhalt des Keimflecks, weil seine optischen Eigenschaften wesentlich verschieden sind von denen des Keimflecks, und weil dasselbe anders sich verhält gegen die Imbibitionsflüssigkeit als der Keimfleck. Als characteristisch für ein gewisses Entwickelungsstadium der genannten Zellen sehe ich es an, weil man dasselbe nicht in allen Zeitpunkten des Bestehens der Zelle wahrnimmt.

Hieran knüpfe ich zwei Erwägungen. Entweder muss man die *Zona pellucida* und das, was man bis jetzt Membran der Ganglienzelle nannte, als etwas Accidentelles, nicht zum Wesen der Ei- und Ganglienzelle

gehöriges betrachten, und in dem Keimbläschen und dem was man bis jetzt Kern der Ganglienzelle nannte die Grenzen der Zelle suchen, oder man muss den jetzt fast allgemein gültigen Satz, dass die Zelle in drei differenten Formbestandtheilen sich verkörpere (in der Membran mit dem Inhalt, dem Kern und dem Kernkörperchen), insoweit modificiren, als man in einem gewissen Entwickelungsstadium der Zelle eine vierte Unterabtheilung derselben anerkennt.

Wenn letztere Annahme wie ich glaube die richtige ist, so spräche sich in meiner Beobachtung in entgegengesetzter Form principiell dasselbe aus, was Max Schulze's schöne Untersuchungsresultate neuerdings hervorgehoben haben, dass der Begriff der Zelle sich nicht innerhalb der strengen Grenzen von 3 Formbestandtheilen fixiren lässt, sondern dass die gröbere optische Characteristik der Zelle, je nach dem Entwickelungsstadium derselben eine wesentlich verschiedene sein kann.

Résumé.

1) Der Keimfleck ist ein Bläschen.

2) Der Keimfleck enthält in einem gewissen Entwickelungsstadium der Eizelle ein solides Korn.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Reifes Ei aus dem Eierstock der Ratte, in starkem Weingeist gehärtet und in Canada-Balsam aufbewahrt.

Nr. 1. *Discus proligerus.*
Nr. 2. *Zona pellucida.*
Nr. 3. Dotter.
Nr. 4. Keimbläschen.
Nr. 5. Keimfleck.
Nr. 6. 2 Körner im Keimfleck.

Engelbert, Syst. 3 Ocul. III.

Fig. II. Vertical-Schnitt aus der Rinde des Eierstocks der Katze, einige Tage nach der Conception. (Glycerin-Präparat.)

1. Epithel des Eierstocks.
2. Andeutung der Albuginea.
3. Granulöses Stratum unter der Albuginea, welches den Uebergang bildet zu derjenigen tieferen Lage Nr. 4 der Rinde, in welcher man die ersten Zellen findet, die man als Corticalzellen und zukünftige Eizellen ansprechen kann.
4. Junge Corticalzelle.
5. Ausgebildete Corticalzelle ohne Korn im Keimfleck.

6. Entwickeltere Corticalzelle mit einem Korn im Keimfleck.
7. Bindegewebige Grenze des Stromas gegen die Corticalschicht, hier gebildet von der Wand eines früheren Follikels, dem jetzigen Umhüllungsgewebe eines *Corpus luteum* im progressiven Stadium.
8. Zellen eines *Corpus luteum* im progressiven Stadium, für den Ungeübten leicht zu verwechseln mit jungen Eizellen in drüsig schlauchförmigem Gewebe.

   Das Gerüste, in welchem die grossen polygonalen Zellen des *Corpus luteum* liegen, sind Bindgewebsfortsätze und Gefässausläufer, die von der Wand des früheren Follikels (jetzt Begrenzungswand des *Corpus luteum*) ausgehen. Näheres hierüber von mir veröffentlicht in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie XII. Band. 3. Heft. 1862.
9. Anstossender Follikel.

Engelbert, Syst. 3 Ocul. 3.

Fig. III. Junge Eizelle aus dem Eierstock eines 19jährigen Mädchens, das 4 Tage vor dem Tod menstruirt hatte. (Im Weingeist gehärtet, imbibirt in Canada-Balsam eingeschlossen.

Engelbert, Syst. 8 Ocul. 3.

1. Korn im Keimfleck.
2. Keimfleck.
3. Keimbläschen.
4. Dotter.
5. *Zona pellucida*, noch sehr zart.
6. Die ersten Kerne der *membrana granulosa*. (Umgewandelte Bindegewebskerne.)?
7. Bindegewebiges Bett der Eizelle, noch nicht Follikel.

Fig. IV. Etwas ältere Eizelle aus dem Eierstock einer 24jährigen Frau.

1. Korn des Keimflecks.
2. Keimfleck.
3. Keimbläschen.
4. Dotter.
5. *Zona pellucida.*
6. Erste Kerne und Zellen der *membrana granulosa.*
7. Bindgewebe, welches den späteren Follikel constituirt.

Canada-Balsam-Präparat.

Engelbert, Syst. 3. Ocul. 1.

Diese Zeichnung stellt nur die Umrisse der Formbestandtheile dar.

Fig. V. Multipolare Zelle aus der *Medulla oblongata* des Menschen.
Fig. VI. Multipolare Zelle aus der *Medulla oblongata* des Ochsen.
Fig. VII. Bipolare Zelle aus dem *arbor vitae* des Affen.

1. Zellmembran.
2. Zellkern.
3. Kernkörperchen.
4. Korn.

Engelbert, Syst. 3. Ocul. 3.

XVIII.

Ueber die Anwendung des Spektroskops zur Erkennung von Blutflecken.

Von

W. Leube,
med. stud. in Tübingen.

Valentin hat in seinem vor Kurzem erschienenen Werke: „Ueber den Gebrauch des Spektroskops“ auch der spektroskopischen Erkennung des *Bluts* ein Capitel gewidmet und darin diese Methode zur Entdeckung von Blutflecken in forensischen Fällen einer weiteren Untersuchung empfohlen. Der Blutfarbstoff absorbirt nämlich, wie Professor Hoppe zuerst gefunden hat, schon in sehr verdünntem Zustand bestimmte Strahlen des Sonnenspektrums. Man erhält bei wässerigen Blutlösungen zwei constante dunkle Streifen in Gelb und Grün zwischen den Fraunhofer'schen Linien D u. E. — Ich habe im Laboratorium des Herrn Professor Vierordt versucht, dieser Frage näher nachzugehen und zwar um so lieber, als bis jetzt derselben von Seiten der Forscher noch wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Ich lege in Folgendem die hiebei gewonnenen Resultate vor:

Nach einem Versuche Valentins, bei welchem er sich eines 4 Jahre alten defibrinirten, flüssig aufbewahrten Rindsblutes bediente, war es eine 6075fache Verdünnung, welche in einer Schichte von $1\,^1/_2$ Centimeter noch „kenntliche“, eine 10125fache, welche wenigstens

„zweifelhafte Spuren“ von Blutbändern zu erkennen gab. Die Versuche, die ich an frischem defibrinirten Kalbsblut anstellte, führten bei Weitem nicht zu jenen empfindlichen Reactionen. Ich ging hiebei von reinem Wasser aus und setzte die Blutlösung successive zu, bis das erste Zeichen der Bänder eintrat. Das Spektroskop, welches die folgenden Resultate lieferte, war das auch von Valentin angewandte und speciell für die Blutbänder empfohlene Schwefelkohlenstoffprisma, dessen nähere Einrichtung in seinem Werke beschrieben ist. Ich wählte gerade dieses Spektroskop um so lieber, weil es am leichtesten in die Hände des Gerichtsarztes kommen kann. Das verdünnte Blut wurde in ein Trögchen gebracht und dieses vor die Spalte des Spektroskops gestellt. Es hatte einen Durchmesser von 25 Millimeter — die Blutschichte war somit dicker, als beim obengenannten Versuch Valentins. Eine 28200fache und ebenso eine 14100fache Verdünnung ergaben negative Resultate. Erst als die Lösung $^1/_{5640}$ Blut enthielt, zeigte sich der Anfang der mir kenntlichen Blutbänder, die bei Benützung eines Troges von 30 M.M. Diam. natürlich viel deutlicher wurden. Die Verdünnung war also in diesem Fall eine viel geringere, als im Valentin'schen Versuche. Allerdings ist dabei in Rechnung zu bringen, dass ich mit *frischem* Blute operirte, welches, wie der Versuch lehrt, zu spektroskopischen Zwecken weniger günstig ist, als *flüssiges altes*. Allein dessenungeachtet und die grössere Breite meines Troges dazugenommen bleiben meine Resultate hinter denen Valentins erheblich zurück. Meine Augen sind demnach in dieser Farbenwahrnehmung weit weniger empfindlich, als die geübten jenes Forschers.

Da der Zweck meiner Untersuchungen sich auf die Erkennung kleinster Blutflecken beschränkt, ich mich also lediglich mit minimen Blutmengen zu beschäftigen hatte, so erschien natürlich eine Untersuchung der Blutlösung in jenen Trögen von 1 Centimeter Dicke und darüber weniger praktisch, indem bei ihnen unnöthig viel Flüssigkeitsvolumen erfordert wird. Eine Capillare von bekanntem Lumen leistet hier entschieden Besseres. Allerdings wäre ein Einschliessen der Lösung zwischen planparallele Glaswände wünschenswerther, allein wenn solche Vorrichtungen sehr klein sind, so ist ihre Handhabung immer mit Schwierigkeiten verknüpft, während eine Capillare sich

unmittelbar in der Spalte des Spektroskops befestigen lässt. Die Glascapillare, deren ich mich bei allen Versuchen bediente, hatte einen Durchmesser im Lichten von 0,63 Millimeter. Eine lange Versuchsreihe, wie weit in dieser dünnen Schicht der Wasserzusatz getrieben werden könne, ist in Folgendem kurz zusammengestellt:

4,18 Cub.-Cent.-Metr. defibrinirtes frisches Kalbsblut wurde zuerst bloss mit 130 C.C.M. Wasser versetzt, d. h. also eine Verdünnung v. $^1/_{32}$ hergestellt; diese ergab beim Versuch mit einem Trog v. 13 M.M. Dicke vollständige Absorption mit Ausnahme des Roths. Wurde dagegen etwas von dieser Blutlösung in die erwähnte Capillare gebracht, so traten die beiden Blutstreifen im Prisma deutlich hervor. Um die Grenze der Kenntlichkeit der spektralen Blutbänder mit Ausschluss jedes Voreingenommenseins richtig zu bestimmen, ist nach meiner Ansicht unumgänglich nothwendig, dass der Beobachter über das Vorhandensein von Blutbändern seine Urtheile abgiebt, ohne im speciellen Fall vorher zu wissen, ob er wirklich eine Blutlösung vor sich habe. Dies erreichte ich durch Vexirproben, indem mir von einem Zweiten bald Wasser, bald die sehr verdünnte Blutlösung in zahlreichen Wechselproben vors Spektroskop gebracht wurde. Bei der ersten falschen Entscheidung, die eine Blutlösung für Wasser erklärte, wurde der Wasserzusatz eingestellt und der vorletzte Verdünnungsgrad als Grenze festgestellt. Ich befand mich also unter subjectiv ungünstigen Versuchsbedingungen, die aber für die objective Richtigkeit der Entscheidung untrügliche Garantie boten. Vielleicht dürften meine minder feinen Resultate in diesem Umstand und weniger in den Eigenschaften meines Auges gegenüber den Angaben Professor Valentins eine theilweise Erklärung finden. Obige Grenze ward beim 24sten Wasserzusatz erreicht; im Ganzen waren zugesetzt 757,1 C.-C.-M. Wasser; die Blutlösung in der Capillare war bei durchfallendem Lichte ungefärbt, beim Vorhalten vor einen weissen Hintergrund eben noch tingirt. Eine Lösung also, welche $^1/_{181}$ Blut enthielt, gab in einer Schichte von 0,63 M.-M. noch kenntliche Blutstreifen, — ein im Verhältniss günstigeres Resultat, als bei obigen Trogversuchen. Ich muss dies um so mehr hervorheben, als die vor der Spektroskopspalte befindliche Blutschichte in der Nähe der Spaltenränder bei der kreisförmigen

Beschaffenheit der Capillare eine etwas geringere Dicke hatte. Legen wir die stärkste Schichtendicke, — also den Capillardiameter selbst — zu Grunde, so ist dieser 40mal dünner, als die in obigem Trogversuch angewandte Blutschichte (25 M. M.). Leztere hatte eine Verdünnung von $^1/_{5640}$ vertragen, das Blut in der Capillare vertrüge also, wären die Verdünnungsgrade den Schichtendicken proportional, nur den 40sten Theil obiger Verdünnung = $^1/_{141}$, während der Versuch $^1/_{181}$ ergab.

Ich fertigte mir eine grössere Anzahl Blutfleckenpräparate an, deren minimes Volumen nach derselben Methode bestimmt wurde, welches Professor Vierordt bei Zählung der Blutkörperchen anwandte. Ich liess demgemäss defibrinirtes Schweinsblut in einer feinen Capillare von bekanntem Querschnitt aufsteigen, mass die Länge der Blutsäule und entleerte vorsichtig ihren Inhalt auf seine Unterlage. Die Blutvolumina waren somit aufs Genaueste ausmessbar. Als Träger der Blutflecken dienten blankes und verrostetes Eisen, Kupfer, Leinwand, Seide, geleimtes und ungeleimtes Papier und Glas. Um die getrockneten Blutflecken aufzulösen, genügte im Allgemeinen ein Zerreiben des Fleckens in einem kleinen Tropfen Wasser mittelst einer Stecknadel. Bei Leinwand und Papier dagegen musste ein weiteres Ausdrücken des Blutträgers zwischen zwei Glasplatten nachfolgen. Bei Flecken, die auf feste nicht imbibirende Stoffe gemacht waren, wie z. B. Eisen, erhielt ich durch eine andere Methode, als die des einfachen Zerreibens mittelst einer Nadel, reinere Resultate. Ich umgab nämlich den Flecken mit einem kleinen Wall von Wachs und brachte in die hiedurch gebildete schüsselartige Vertiefung ein Tröpfchen Wasser. Wurde das Ganze nun sich selbst überlassen, so erhielt ich ziemlich bald brauchbare Lösungen und konnte ausserdem die verschiedenen Schichten derselben in ihren von oben nach unten zunehmenden Concentrationen vors Spektroskop zur Beobachtung bringen. Schon Valentin bemerkt: „die spektralen Blutbänder haben ihr verhältnissmässig ungünstigstes Gebiet in Fällen, die dem Gerichtsarzt am häufigsten vorkommen, d. h. bei kleinen *alten* Blutflecken.“ Meine Erfahrungen bestätigten dies durchaus und können diese Methode, wie schon von Valentin geschehen ist, mit Recht nur da empfehlen,

wo das Mikroskop zweifelhafte Resultate liefert, Fälle, die freilich häufig genug vorkommen.

Die in der Tabelle mitgetheilten Versuchsresultate zeigen, dass die Verdünnung der Blutflecken eine nur geringe sein durfte, um für die Capillare brauchbare Lösungen abzugeben. Dieselbe überstieg nie $^1/_{10}$, war also im besten Fall $^1/_{18}$ von der des frischen Blutes ($^1/_{181}$ s. o.). Eine um so auffallendere und mir unerklärbare Anomalie bildete ein Versuch, den ich an *eingetrocknetem* defibrinirten Schweinsblut anstellte, das vom vorigen Winter her in kleinen Stückchen aufbewahrt worden war. 0,179 Grm. desselben, welche noch etwa $^1/_{10}$ Wasser abgaben, also ungefähr 0,8 Grm. frischen Blutes entsprachen, versetzte ich mit immer mehr Wasser, bis schliesslich die Lösung in einem Trögchen v. 17,5 M.M. Dicke kaum noch kenntlich gefärbt war. Es waren 1560 C.C.M. Wasser zugesetzt, also eine Verdünnung von $^1/_{1950}$ erreicht. Hiebei zeigten sich im Spektroskop noch schwache Spuren von Bändern, die aber noch kenntlich waren, indem bei mehreren Vexirproben kein Fehler vorkam. Diese Verdünnung bei einer Schichtendicke von 17,5 M.M. reducirt auf die von 25 M.M. = $^1/_{2786}$, d. h. also etwas unter $^1/_2$ von der Verdünnungsgrenze bei frischem Blute. Ob und in wiefern gerade das Aufbewahren des Bluts auf einer *Unterlage* gegenüber dem in freien Stücken eine solche Differenz hervorzurufen vermag, muss ich dahingestellt sein lassen.

Viel günstigere Resultate, als eingetrocknetes, lieferte altes *flüssiges* Blut. Ich bediente mich hiebei defibrinirten 3 Monate alten Ochsenblutes, welches seit Anfang Mai in einem dichtverschlossenen Gefäss aufbewahrt beim Oeffnen einen penetranten Geruch verbreitete. 8,28 C.M.M. dieses Blutes gaben bei einem Wasserzusatz von 3500 C.M.M., also bei einer Verdünnung von $^1/_{423}$ in der öfter erwähnten Capillare keine Blutbänder zu erkennen. Bei einem neuen Zusatz von Blut, so dass die Gesammtmenge des Untersuchungsblutes 15,6 C.M.M. betrug, d. h. also bei einer 225fachen Verdünnung, erschienen in obiger Schichtendicke die ersten Spuren von Bändern. Dieser Fall bot also ein noch günstigeres Ergebniss als ganz frisches Blut.

Valentin sucht den Grund der die spektroskopische Untersuchung beeinträchtigenden Eigenschaften des *alten* Blutes hauptsächlich

darin, dass „alte Blutmassen viel weniger an Wasser abgeben, als frischere.“ Ueber die Einbusse, welche das alte getrocknete Blut an Färbekraft erleidet, habe ich keine Versuche angestellt, wohl aber kann ich mit aller Bestimmtheit behaupten, dass die Fähigkeit seiner Lösungen, gewisse Lichtsrahlen zu absorbiren und somit die spektralen Blutbänder zu erzeugen, ausserordentlich viel mehr herabgesetzt ist, als seine Färbekraft. Denn Lösungen von einer Röthung, welche bei frischen Blutproben noch ganz deutliche Bänder zeigte, liessen, wenn sie aus eingetrocknetem Blute gemacht waren, in der Regel keine Spur von Bändern mehr erkennen. —

Meine Versuche mit Blutflecken zerfallen in zwei Reihen:

Reihe I. Der Blutflecken wurde mit einem kleinen in einer Capillare abgemessenen Wasserquantum versetzt und schnell gelöst. Die Verdünnung ist unmittelbar aus diesem Wasserzusatz bestimmt, also ein wenig zu gross angegeben, weil während des Auflösens ein kleines Quantum verdunstete. Der hiedurch entstehende Fehler ist durchschnittlich auf $^1/_8$ anzuschlagen.

Reihe II. Erst nach Auflösung des Blutfleckens wurde die verdünnte Blutlösung in die Capillare aspirirt und so das Volum bestimmt; hierdurch war eine möglichst genaue Berechnung des Verdünnungsgrades erreicht.

Bei den meisten Versuchen wurde nicht die ganze verdünnte Blutlösung, sondern nur ein Theil derselben vors Spektroskop gebracht. Darüber giebt Tabellenrubrik IV Aufschluss. Aus den kleinen Zahlen derselben ist ersichtlich, wie gering das Blutfleckenvolum zu sein braucht, um mit Erfolg spektroskopisch verwendet werden zu können.

Reihe I.

I.	II.		III.		IV.	V.	VI.
	a.	b.	a.	b.			
Unterlage.	Alter in Tagen	Vol. in Cmm.	Verdünnungsgrad	Färbung	zur Untersuchung verwandtes Blutvolumen.	Absorptionsbänder.	etwaige Bemerkungen.
	des Blutflekkenpräparates.		der Blutlösung.				
blankes Eisen	16	1,3	9,7	gelb	0,22	deutlich breit	Der Blutfleck nicht vollständig aufgelöst.
Glas	7	2,2	9,1	deutl. roth	0.38	deutlich	
Leinwand	63	1,5	8,1	gelb	0,34	undeutlich	
Conceptpap.	70	1,02	7,9	schwach gelbl.	0,33	deutlich	
Conceptpap.	49	1,8	6,5	gelb	0,43	Spur. v. Bänd.	
oxydirte Kupferplatte	14	2,2	5,9	trübgelb mit Flecken	0.57	sehr deutlich	
rostiges Eisen	14	2,02	5,8	braun trübl.	0,91	sehr deutlich	Der Blutfleck wurde auf seinem Träger in Wasser zerrieben.
dto.	14	2,3	5,3	gelb	0,47	zieml. deutl.	Der Blutfleck vor seiner Auflösung auf eine Glasplatte geschabt.
Conceptpap.	49	2,9	5,2	stark gelbr.	0,46	? undeutl. Bänd.	
blankes Eisen	32	2,3	4,4	stark gelbr.		sehr stark: violett u. blau ausgelöscht.	

Reihe II.

Glas	25	1,7	8,3	zieml. stark gelb	0,33	undeutlich	
Glas	16	1,1	8,2	deutl. gelb	0,32	zieml. deutl.	
dto.	25	1,6	5,8	gelbroth	0,45	deutlich	
oxydirtes Kupferblech	32	1,2	5,7	—	—	deutlich	Der Blutfleck nicht vollständig aufgelöst.
Glas	25	1,7	4,6	--	0,45	zieml. deutl.	
chemisches Filtrirpapier	67	1,9	4,4	gelb	0,65	schwache Spur.	
Glas	21	2,7	3,6	zieml. stark roth	0,7	zieml. deutl.	
Glas	28	2,6	2,9	roth	1,1	sehr deutlich; violett und blau absorbirt.	
Glas	25	1,7	2,8	bräunl. gelb	1,1	sehr deutlich	
Conceptpap.	70	1,02	2,5	gelbroth	1,02	sehr deutlich	mit einigem Verluste.
Leinwand	56	2,7	2,3	gelbroth	1,3	deutlich	

I.	II.		III.		IV.	V.	VI.
	a,	b.	a.	b.			
Unterlage.	Alter in Tagen	Vol. in Cmm.	Verdünnungsgrad	Färbung	zur Untersuchung verwandtes Blutvolumen.	Absorptionsbänder.	etwaige Bemerkungen.
	des Blutflekkenpräparates.		der Blutlösung.				
chem. Filtrirpapier	70	0,8	1,9	mässig gelb	0,8	0	
Seide	43	1,5	1,2	braunroth	1,5	sehr deutlich: violett und blau ausgelöscht.	mit einigem Verluste.
chem. Filtrirpapier	67	1,9	1,1	braungelb	1,9	zieml. deutl.	Extraction nicht vollständig.
Seide	36	1,5	1,0	rothgelb	1,5	sehr deutlich	
Leinwand	63	1,5	0,9	braunroth	1,5	sehr deutlich: violett und blau ausgelöscht	mit einigem Verluste.
Conceptpap.	63	2,9	0,4	dunkelroth	2,9	sehr breit und deutlich, getrennt durch ein schmales lichteres Intervall.	

Die Schlüsse, die sich aus obigen Resultaten ziehen lassen, sind etwa folgende:

1) Die Lösungen von altem *vertrockneten* Blut können noch ziemlich gelb sein, ohne die charkteristischen Blutbänder zu zeigen. Der Grund davon ist, wie schon oben angeführt, in der Einbüssung an Absorptionskraft für die betreffenden Farbenstrahlen zu suchen.

2) Dessenungeachtet ist die Methode empfehlenswerth; der Gang derselben ist folgender: Der Fleck wird mit einem Minimum Wasser versetzt und der Lösung überlassen. Ist die Lösung gelb-gelbroth geworden, so wird sie in die Capillare aspirirt und vors Spektroskop gebracht. Unter Umständen muss diese Probe aus der Capillare wieder auf eine Glasplatte ausgeblasen und einer weiteren Concentration überlassen werden, bis die Bänder deutlicher erscheinen. Deutlich sind diese nur bei Verdünnungen, die nicht das 6—7fache überschreiten. In einer Capillare von 0,6 M. M. erscheinen solche brauchbare Lösungen gelb-gelbroth und ist diese Färbung, die eine gewisse Hämatinmenge voraussetzt, die Hauptbedingung zu einer erfolgreichen spektroskopischen Untersuchung. Gleichgültig ist natürlich, ob die Probe in grösserer

Schichtendicke und dann stärkerer Verdünnung, als in der Capillare, vors Spektroskop zu stehen kommt. Aber letztere Methode ist, wenn es sich um kleinste Blutflecken handelt, unstreitig die bequemere und verlangt nur 1—$^1/_3$ C. M. M. reinen Blutes.

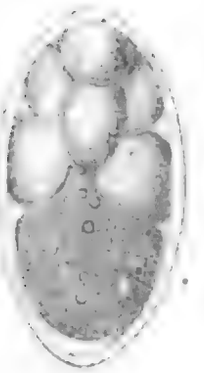
3) Von den verschiedenen *Trägern* der Blutflecken lieferte Eisen weitaus die besten Resultate, dann folgten Glas und Seide. Leinwand und Papier waren die verhältnissmässig ungünstigen Stoffe, wohl zum Theil, weil bei ihnen die Extraction keine vollständige sein konnte.

4) *Das Eintrocknen* des Blutes ist auf die Deutlichkeit der Bänder von grossem Einfluss. Ob mit zunehmendem Alter die Flecken immer mehr an Absorptionskraft verlieren, lasse ich vorerst unentschieden; ich behalte mir aber vor, über die Resultate, die mir der zurückgestellte Rest meiner Proben liefern wird, weitere Mittheilungen zu machen.

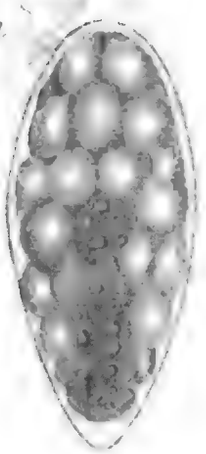
1.

2.

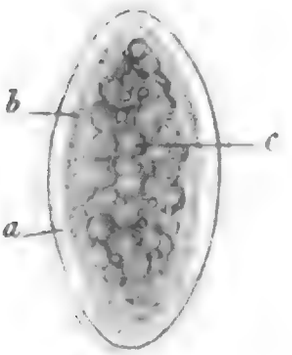
3.



4.

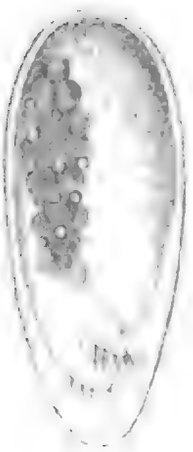


5.

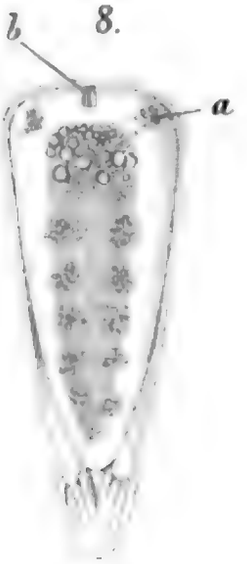


6.

7.



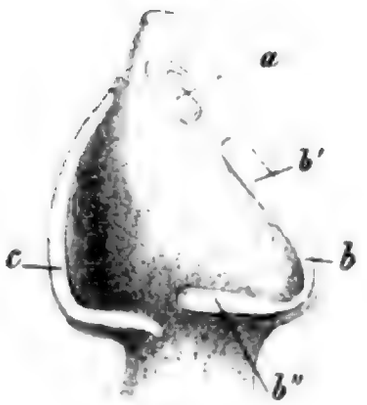
8.



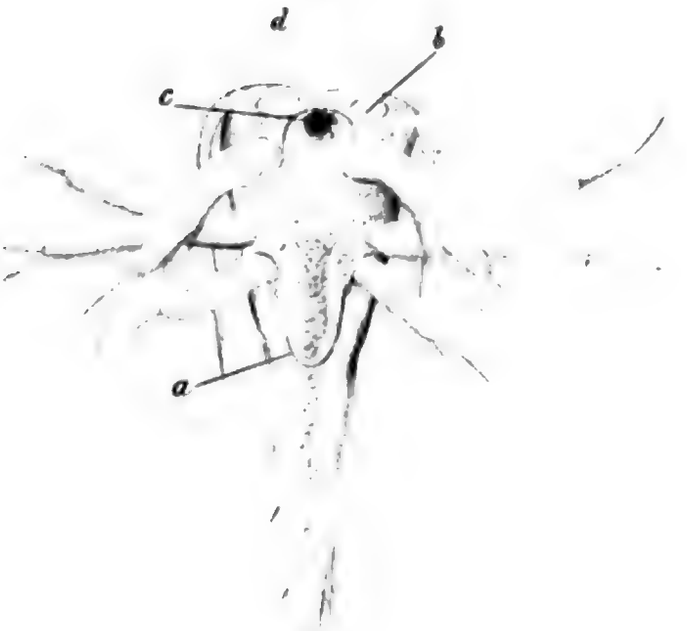
9.

10.

12.

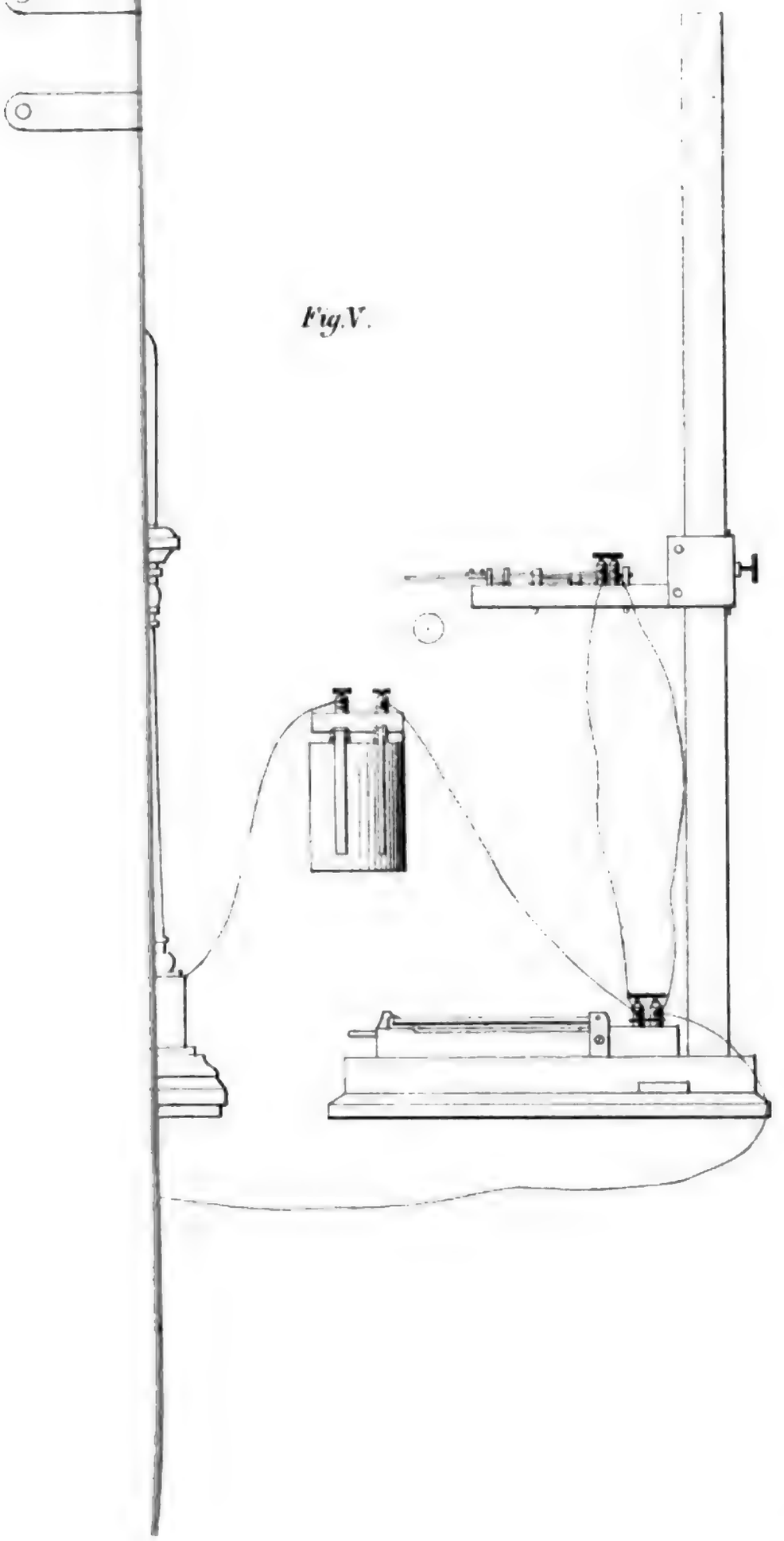


11.



13.

Fig. V.



Hirsch, gewönliche Gleichung, etc.

Fig 2.

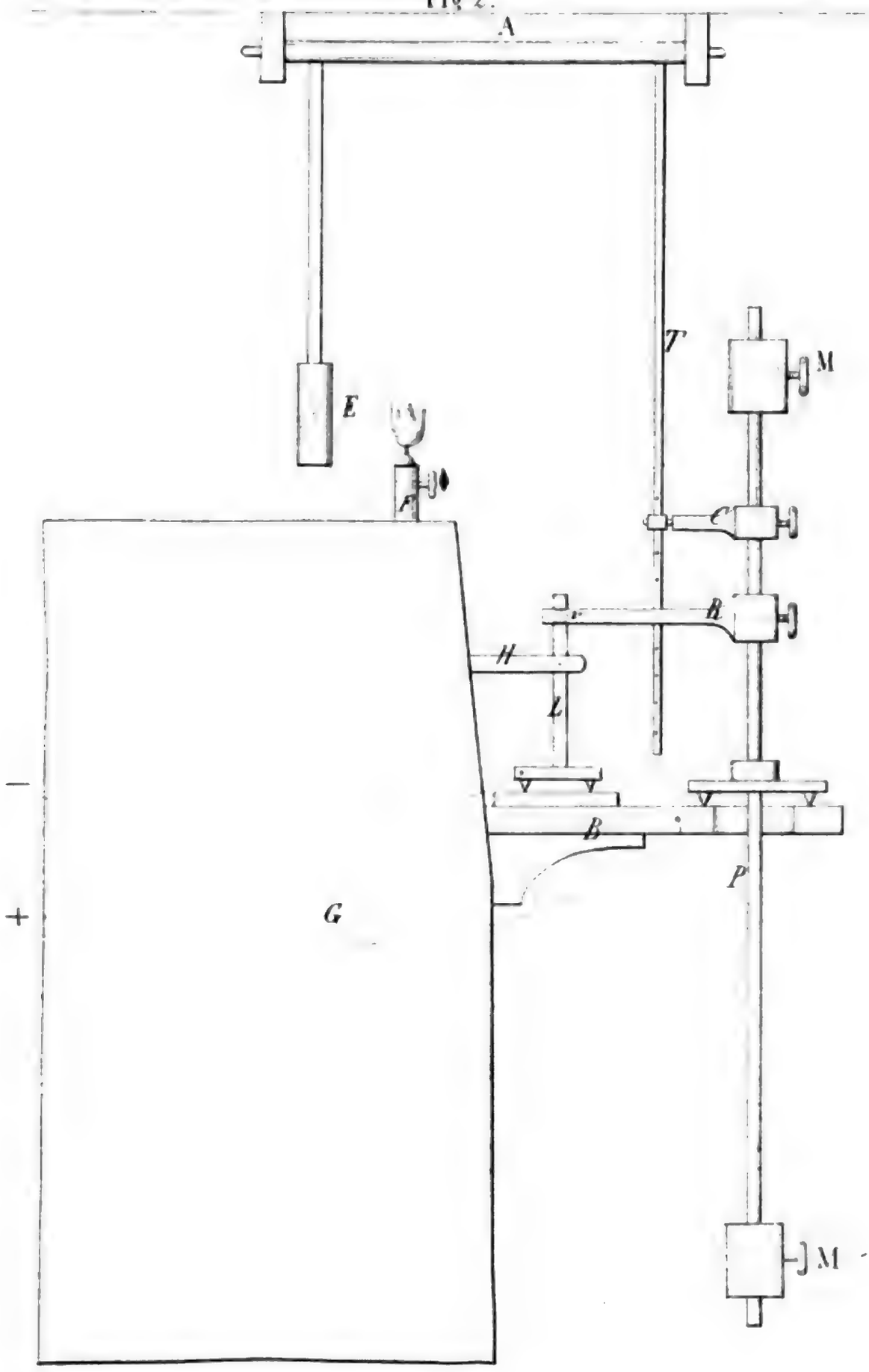


Fig. I.

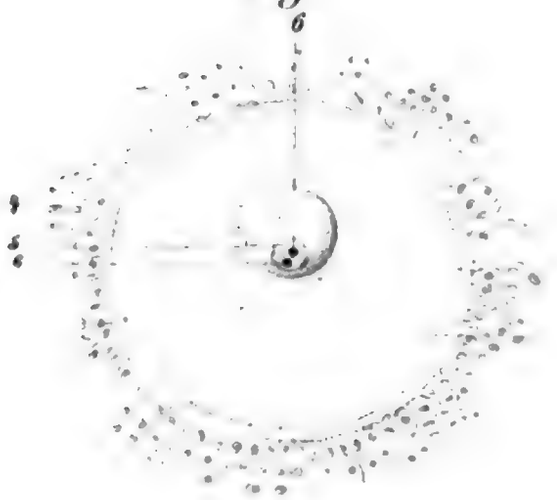


Fig. III.

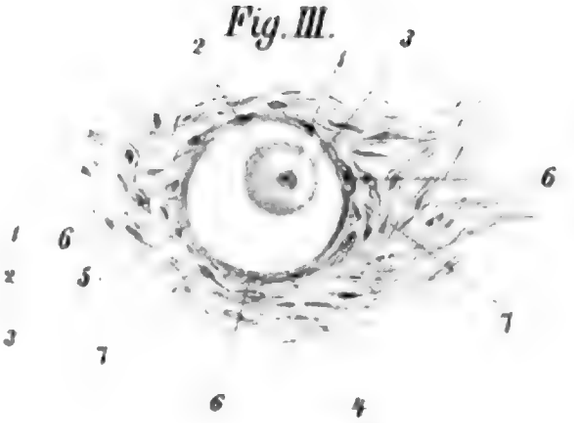


Fig. IV.

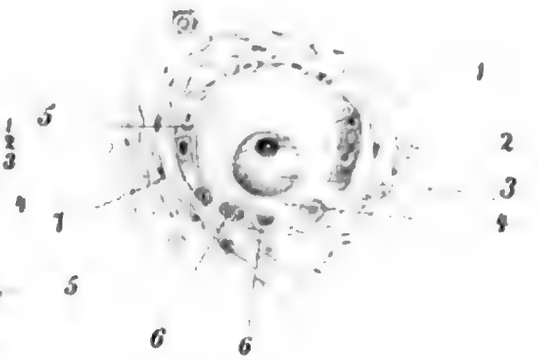


Fig. II.

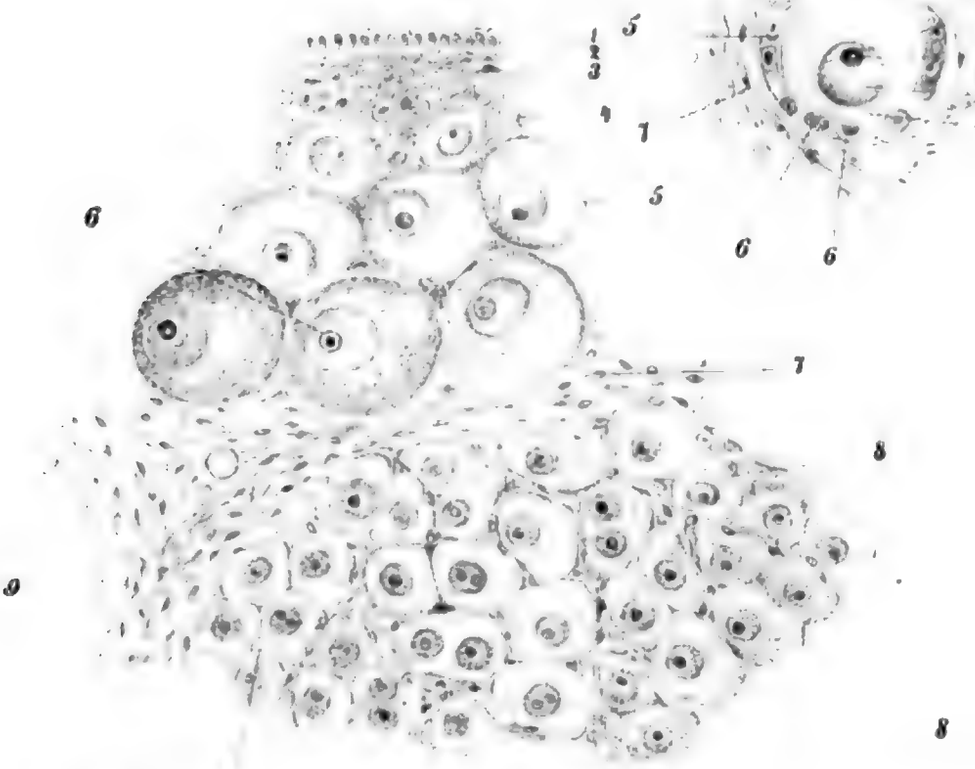


Fig. VI.

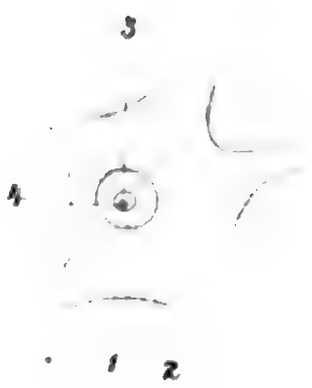


Fig. V.

Fig. VII.

XXI.

Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere.

Von

G. Valentin.

Zwölfte Abtheilung.

§. 24.

Thermoëlektrische Beobachtungen.

Der Gebrauch des Thermomultiplicators stösst nicht selten auf Schwierigkeiten, wenn man die Untersuchungen an warmblütigen Geschöpfen anstellen will. Die Wärme der Muskeln und anderer Innentheile des lebenden Thieres ist nicht so beständig, dass die fein astasirte Nadel eines empfindlichen Galvanometers zur Ruhe käme. Man hat daher keinen sicheren Ausgangspunkt für einen späteren Vergleich. Die Organe eines eben getödteten Thieres können in der Regel nicht benutzt werden, weil es fast immer unmöglich ist, die durch die Abkühlung bedingten Störungen zu beseitigen. Diese Umstände erklären es, weshalb fast alle feineren thermoëlektrischen Beobachtungen und Versuche, welche die physiologische Litteratur bis jetzt besitzt, an Fröschen angestellt worden.

Da die winterschlafenden Murmelthiere die oben erwähnten Nachtheile, wie wir sehen werden, gar nicht oder nur in untergeordnetem Grade darbieten, so kann man sie mit Erfolg benutzen, das an Fröschen Gefundene an Säugethieren zu bestätigen. Es wird sich ausserdem

zeigen, dass sie noch Manches, das an jenen kaltblütigen Geschöpfen nicht verfolgbar ist, zu erläutern im Stande sind.

Ich bediente mich zu diesen Untersuchungen desselben Thermomultiplicators, den ich zu meinen früheren thermoëlektrischen Beobachtungen über die Muskeln und die Nerven der Frösche gebraucht hatte [1]). Die einzelnen Nebenvorrichtungen wechselten mit den Versuchen und werden bei diesen genauer angegeben werden.

Wir haben schon auf dem Wege der thermometrischen Messungen gefunden, dass im Allgemeinen die vordere Körperhälfte der festschlafenden Murmelthiere wärmer, als die hintere ist [2]). Es versteht sich von selbst, dass die Nebenverhältnisse keine störende Erwärmungs- oder Abkühlungsbedingungen z. B. durch wärmere oder kältere Nachbartheile einführen dürfen.

Die Erscheinung lässt sich auch auf thermoëlektrischem Wege nachweisen. Wir wollen als Beispiel einen Fall wählen, der sich auf den Anfang der Winterschlafsperiode bezieht, zum Beweise, dass der Wärmeunterschied nicht von dem lange dauernden Nahrungsmangel herrührt.

Ich fügte dicke Kupferdräthe als Elektroden in das Galvanometer so ein, dass nur 50 Windungen von doppelter Drathdicke wirkten, mithin ein kleinerer Leitungswiderstand zu überwinden war. Der Kreis wurde erst durch eine Wippe vollständig geschlossen, unmittelbar ehe man die Ablenkung der Magnetnadel beobachten wollte. Die Löthstelle der einen aus Eisen und Kupfer bestehenden Thermonadel kam z. B. in die Achselhöhle und die der zweiten in die Inguinalbuge. Man sorgte dafür, dass sie von den thierischen Theilen allseitig umgeben blieben und schloss den Kreis erst ungefähr eine Viertelstunde später mittelst der Wippe. Das Thier befand sich im festem Schlafe. Es ergab sich bei dem Gebrauche der einen spiegeltragenden Magnetnadel

10 U. 41 M. 6°	Ausschlag des Galvanometers
10 U. 44 M. 6°	zu Gunsten der grösseren Wärme
10 U. 46 M. 5°	der Achselhöhle.

Erwacht das Thier allmälig, so lässt sich die Zunahme der

---

[1]) Henle und Pfeufers Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XI. 1861. S. 3.

[2]) Diese Zeitschrift Bd. II. 1857. S. 125.

Eigenwärme in der Mundhöhle, dem äusseren Gehörgange oder dem Mastdarme mittelst des Thermometers leicht nachweisen. Dieses Verfahren verräth aber immer nur verhältnissmässig grössere Unterschiede, die nach einer bedeutenden Zahl von Athemzügen auftreten. Da der Thermomultiplicator empfindlicher arbeitet, so kann man hier schon den Einfluss, den eine kleine Reihe von Herzschlägen und Athemzügen ausübt, leicht erkennen. Ein Beispiel wird dieses näher erhärten.

Das in dem folgenden Paragraphen erwähnte trepanirte kleinere Murmelthier war wiederum nach der Operation fest eingeschlafen. Ich hatte es drei Mal früher mit dem Magnetelektromotor gereizt, so dass sich der erste Anfang des Erwachens einleitete. Die Löthstelle der einen Galvanometernadel steckte in einem grossen Korkzapfen, der sich in einem Luftraume von nahezu beständiger Temperatur befand. Die der anderen wurde durch die Haut in die rechte Wadenmuskelmasse eingestochen. Die mit dem Spiegel verbundene Magnetnadel, die bei der grossen Schwere und Trägheit des ganzen Systemes verhältnissmässig langsam schwang und die ich Tags voher astasirt hatte, brauchte 74 Secunden zu einer Doppelschwingung.

Es ergab sich:

Zeit.	Abweichung der Galvanometernadel zu Gunsten der im Muskel befindlichen Löthstelle.	Zahl der Athemzüge in 15 Secunden.
2 U. 22 M.	41°	— —
2 U. 23 M.	42,°2	2 bis 3
2 U. 26 M.	43,°5	2 bis 3
2 U. 31½ M.	40°	Das Thier athmet nicht, macht aber später 2 Athemzüge in 15 Secunden, so wie man den Tisch, auf dem es liegt, erschüttert.
2 U. 36 M.	35,°5	Athmung im Anfange nicht sichtlich. Später nach der Erschütterung 3 Athemzüge in 15 Secunden.

Zeit.	Abweichung der Galvanometernadel zu Gunsten der im Muskel befindlichen Löthstelle.	Zahl der Athemzüge in 15 Sekunden.
2 U. 48 M.	34°,	Athmet nicht sichtlich.
2 U. 48½ M.	35°,3	Macht 3 Athemzüge nach der Erschütterung.
2 U. 58 M.	37°	3 bis 4 Athemzüge.
3 U. 7 M.	40°	5 bis 6.
3 U. 9 M.	55°	Dreht sich herum.
3 U. 12 M.	53°	Unruhig.
3 U. 12½ M.	55°	Desgl.
3 U. 13 M.	52°	Ruhig.

Man sieht hieraus, dass wenige Athemzüge hinreichten, die Galvanometernadel im Sinne der grösseren Erwärmung des Muskels vorrücken zu lassen und dass der Ausschlag wiederum allmälig und langsam abnahm, so wie die Athmung stockte. Gesellten sich Bewegungen des Thieres hinzu, so stieg die Wärme des Muskels rascher.

Man kann die durch die Verkürzung erzeugte Wärmeerhöhung des Muskels in dem erstarrten Murmelthiere ebenso leicht und sicher, als im Frosche nachweisen. Zwei Beispiele mögen dieses erläutern. Die Nebenvorrichtungen stimmten mit denen der zuletzt erwähnten Versuchsreihe überein.

Ich steckte wiederum die Löthstelle der einen Thermonadel in die Wadenmuskelmasse des kleinen trepanirten Murmelthieres, während dasselbe fest schlief, und stach hierauf zwei mit den Elektroden der Inductionsrolle eines Schlitten-Magnetelektromotors in Verbindung stehende Nadeln zu beiden Seiten dicht neben den mittleren Rückenwirbeln ein. Man hatte dann:

2 U. 7 M. Die zur Ruhe gekommene Galvanometernadel zeigte eine Ablenkung von 10° zu Gunsten der Wadenmuskelmasse. Wurde nun der Magnetelektromotor in Gang gesetzt, während die Inductionsrolle die inducirende nur an dem äussersten Ende berührte, so dass man nicht sehr starke Ströme wirken liess, so entstanden mässige Zusammenziehungen in den Hinterbeinen. Die Galvanometernadel ging sogleich im Sinne der Erwärmung bis zu 16° vor und befand sich

zuletzt bei 31°. Hatte die Galvanisation seit etwa einer halben bis ganzen Minute aufgehört, so stand sie wieder auf 16° bis 18°.

2 U. 12 M. Ich stach unmittelbar nach Beendigung des oben erwähnten Versuches die Löthstelle der Nadel, die sich in dem Muskel befunden, in die Tiefe des äusseren Gehörganges. Die Nadel kam nach einiger Zeit bei 10° zu Gunsten der Wärme des Ohres zur Ruhe. Galvanisirte man hierauf den Rückentheil des Rückenmarkes 15 Secunden lang, so dass sich die Hinterbeine lebhaft zusammenzogen, so blieb doch die Multiplicatornadel auf ihrem alten Orte. Sie ging sogar auf 8° nach dem Aufhören der elektrischen Erregung zurück.

2 U. 15 M. Die Nadel wurde wiederum sogleich in die Wadenmuskelmasse eingeführt. Sie ruhte nach den vorangegangenen Schwankungen auf 26° zu Gunsten der Wärme des Muskels. Regte man das Rückenmark durch den Magnetelektromotor an, so ging sie sogleich auf 32° im Sinne der Wärmezunahme im Muskel. Die Nadelbewegung begann auch hier, wie früher, zu derselben Zeit, wo die Verkürzung zuerst sichtbar wurde.

Ich stellte eine ganz ähnliche Versuchsreihe an einem anderen kleinen Murmelthiere, das ziemlich fest schlief, an. Die Nadeln der Elektroden der Inductionsrolle eines Magnetelektromotors steckten wiederum zu beiden Seiten der Wirbelsäule in der Mitte des Rückens. Befand sich die Löthstelle der einen Thermonadel in der rechten Wadenmuskelmasse, so ruhte die Magnetnadel auf 36° zu Gunsten der höhern Wärme des Muskels. So wie die Kette geschlossen wurde und die Hinterbeine sich zu bewegen anfingen, schlug die Nadel im Sinne der Erhöhung der Muskelwärme auf 42° aus. Man liess hierauf das Thier einige Zeit in Ruhe. Die Magnetnadel stand dann auf 10°. Regte man jetzt das Rückenmark mit sehr schwachen Strömen an, so ging sie auf 15° und später selbst auf 20°.

Ich versetzte hierauf die Löthstelle aus dem Muskel in die Tiefe des äusseren Gehörganges. Das Thier bewegte sich dabei mit dem ganzen Körper ziemlich kraftvoll. Die Galvanometernadel, die vorher auf 15° geruhet hatte, machte indessen ihren Schwankungen zwischen 58°, 42°, 55° und 44°. Man hatte also im Mittel 50° bis 49°,5. Wurde jetzt das Rückenmark tetanisirt, so betrugen die Oscillationen 53°, 46°,

52°, 49°. Der Durchschnittswerth glich mithin 49°,5 bis 50,°5. Das Thier ergab unmittelbar darauf 17 bis 18 Herzschläge und 8 wellenförmige Athembewegungen der Bauchdecken in 15 Secunden. Man sieht hieraus, dass nicht sowohl die vorzüglich auf die untere Körperhälfte wirkende Tetanisation des Rückenmarks, als die mit Bewegungen des Kopfes verbundene Unruhe des Thieres die Wärme in dem äusseren Gehörgange vergrösserte. Dass die Zusammenziehung der benachbarten Muskeln die Wärme des letzteren nach kurzer Zeit erhöht, lässt sich unmittelbar darthun. Ich stach die beiden Nadeln der Elektroden der Inductionsrolle in den untersten Theil des Halses, da, wo hier Carotis, Vagus und Sympathicus zusammen verlaufen, ein und führte die Löthstelle der einen Thermonadel in den einen und die der zweiten in den anderen äusseren Gehörgang. Wurde nun der Magnetelektromotor in Gang gesetzt, so dass schwache Ströme die Halsmuskeln anregten, so gab bald die Magnetnadel 10° Ausschlag zu Gunsten des Ohres der galvanisirten Seite. Die Wirkung des Magnetelektromotors während 5 Secunden reichte später hin, einen Ausschlag von 8° hervorzurufen. Ein dritter Versuch gab 5° nach einer Tetanisation von 10 bis 12 Secunden. Starke Ströme lieferten 3°, wenn sie kaum 2 Secunden thätig waren.

Deuten diese Erfahrungen schon an, dass auch die ohne elektrische Nervenerregung bedingten Zusammenziehungen die Wärme des Muskels vergrössern, so geben die Reflexbewegungen ein passendes Mittel dieses unmittelbar zu beweisen. Man wählt am Besten ein Murmelthier, das nicht ganz fest schläft, damit ein auf die Zehen ausgeübter Druck starke Reflexbewegungen hervorruft. Hatte ich dann die eine Thermonadel, wie oben erwähnt, in Kork und die andere in den Wadenmuskel eingestochen und stand die Magnetnadel des Galvanometers bei dem früher erwähnten Astasirungszustande auf 2° zu Gunsten des Muskels, so brauchte ich z. B. die Zehe nur ein Mal kräftig zu drücken, um einen weiteren bis zu 9° oder 10° gehenden Ausschlag zu erhalten.

Eine andere, an den lebenden Murmelthieren zu verfolgende, hierher gehörende Erscheinungsreihe betrifft die Einflüsse der Sympathicusdurchschneidung am Halse. Der oberste Halsknoten des sympathischen Nerven ist gesondert. Der von ihm nach unten gehende

Stamm aber legt sich nahe an den des herumschweifenden Nerven, so dass sich beide in der Leiche ohne Schwierigkeit trennen lassen. Man sieht unter dem Mikroskope, dass sie durch Bindegewebe vollkommen geschieden sind. Ich zog es aber im Leben vor, Vagus und Sympathicus zugleich zu durchschneiden, um nicht die Operationszeit zu sehr zu verlängern und so die Folgen des Eingriffes durch das beginnende Erwachen des Thieres zu stören.

Ich stach je eine Löthstelle der aus Kupfer und Eisen bestehenden Thermonadel durch je ein Ohr und die benachbarte Haut und wartete eine Viertelstunde, um die etwa zufälligen Wärmeunterschiede sich ausgleichen zu lassen. Die Verbindung mit dem Thermomultiplicator gab dann einen Ausschlag zu Gunsten des rechten Ohres, der 21° bei dem oben erwähnten Astasirungszustande der Nadel entsprach. Dieses bestimmte mich, die Vagus-Sympathicusdurchschneidung an der linken Seite vorzunehmen, um zu sehen, ob jetzt das linke Ohr wärmer als das rechte ausfallen würde. Die Operation wurde um 10 U. 23 M. fast ohne Blutverlust vollführt. Das Thier schlief noch nach dem Zunähen der Haut, eben so fest, als früher. Ich steckte dann sogleich wieder die Löthnadeln in beiden Ohren durch. Man hatte:

10 U. 30 M. 8° zu Gunsten des linken Ohres, also der operirten Seite. Das Thier athmet nicht sichtlich.

10 U. 36 M. 11° zu Gunsten des linken Ohres. Das Murmelthier athmet nur nach Erschütterungen des Tisches, auf dem es liegt.

10 U. 38 M. Man bemerkt in Folge dessen wellige anhaltende Athembewegungen der Bauchdecken, wie sie als erste Anzeichen des späteren Erwachens auftreten.

10 U. 39 M. 9° zu Gunsten des linken Ohres.

10 U. 41 M. 3 bis 4 Athemzüge in $^1/_4$ Minute.

10 U. 42 M. $7^1/_2{}^0$ zu Gunsten des linken Ohres.

10 U. 49 M. 2° in demselben Sinne. Das Thier, das etwas fester, als früher zu schlafen scheint, athmet bei Erschütterungen des Tisches.

10 U. 56 M. 5 Athemzuge in $^1/_4$ Minute.

10 U. 57 M. 5° zu Gunsten des rechten Ohres, also der nicht operirten Seite.

11 U. 3 M. 5 bis 6 Athemzüge in $^1/_4$ Minute.

11 U. 4 M. 11° zu Gunsten des rechten Ohres.

11 U. 7 M. Das Thier athmet lebhafter, bewegt anhaltend den Kopf und sucht sich aufzustellen. 5 bis 6 sehr tiefe Athemzüge in $^1/_4$ Minute.

11 U. $7^1/_2$ M. 9° zu Gunsten des rechten Ohres.

11 U. 10 M. Ich hatte schon 2 Minuten früher zwei mit den Elektroden der Inductionsrolle eines Magnetelektromotors verbundene Nadeln zu beiden Seiten der Wirbelsäule in der Gegend des ersten Rückenwirbels eingestochen, um die *Regio cilio-spinalis inferior* galvanisiren zu können. Liess ich nun starke, elektrische Schläge 60 Secunden lang durchtreten, so bewegte sich indessen die Magnetnadel durch den Nullpunkt bis zu 7° zu Gunsten des linken Ohres, also der operirten Seite.

11 U. 11 M. 15° zu Gunsten des linken Ohres.

11 U. 14 M. 8° in demselben Sinne.

11 U. 15 M. 6 Athemzüge in $^1/_4$ Minute. Anhaltende Bewegungen des Kopfes.

11 U. 16 M. $12^1/_2$° zu Gunsten des linken Ohres.

11 U. 17 M. Die vorige Stelle des Rückenmarkes wiederum 30 Secunden den starken Schlägen des Magnetelektromotors ausgesetzt. Die Nadel geht indess langsam zu Gunsten des linken Ohres vorwärts und steht bei 21° am Ende der Galvanisation.

11 U. 21 M. 24° zu Gunsten des linken Ohres.

11 U. 22 M. Wiederum 30 Secunden galvanisirt. Das Thier, das gestreckt stand, krümmt sich, so wie die elektrischen Schläge zu wirken beginnen und bleibt so, bis sie aufhören. Die Multiplicatornadel steht dann bis 26°. Das Murmelthier ist indessen soweit erwacht, dass es auf seinen Füssen frei steht. Es hält aber noch die Augenlider geschlossen und erscheint überhaupt in hohem Grade schlaftrunken.

11 U. 24 M. 10° zu Gunsten des linken Ohres.

Das Murmelthier war an den folgenden Tagen vollständig erwacht und lief munter fort, so wie man es in seinem Behälter (einem mit

Zinn ausgeschlagenen Kasten, damit es nicht ein Loch in die Wände machen könne), berühren wollte.

Nachdem es noch drei Wochen fortgelebt hatte, wurde es in festem Schlafe in ein mit Wasser von 10°,6 C. gefülltes Glas versenkt. Man musste es mittelst eines Holzstabes niederhalten, da es sonst an der Oberfläche geblieben wäre, obgleich von Zeit zu Zeit Luft, die zwischen den Haaren gefangen war, in Form grosser Blasen emporstieg. Es machte auch nicht eine Athembewegung unter dem Wasser, rührte sich überhaupt nicht und schien fortzuschlafen. Als ich es 10 Minuten nach dem Einsenken herausnahm, war es todt. Das Leben hatte also ohne irgend ein äusseres Zeichen aufgehört.

Ich habe in dem Aufsatze über die Wärmeentwickelung während der Thätigkeit der Froschnerven [1]) dargestellt, welche Schwierigkeiten es darbietet, die durch die Zusammenziehung der einfachen Muskelfasern des Froschdarmes erzeugte Wärme nachzuweisen. Ich wiederholte daher die Untersuchung an dem Murmelthiere, öffnete sogleich nach dem Tode den Unterleib und schnitt zwei lange Stücke des Dünndarmes aus. Das eine wurde zum grössten Theile um die Löthstelle eines Vförmigen Thermoelementes von Spiessglanz-Wismuth gewickelt und sein oberes Ende zwischen die beiden Plantinbleche einer stromzuführenden Vorrichtung eingeklemmt. Diese stand aber wiederum mit einem mehrere Fuss entfernten Magnetelektromotor in Verbindung, den ich in Gang setzen konnte, während ich durch das Fernrohr sah. Das zweite Darmstück wurde um die zweite Löthstelle des Spiessglanz-Wismuthelementes gewickelt, um die allzugrosse Abweichung der Magnetnadel von dem Ruhezustande zu verhüten. Das übrige Versuchsverfahren war das gleiche, wie ich es in jenem Aufsatze von dem Froschdarme beschrieben habe. Tetanisirte man den zwischen den Platinblechen eingeklemmten Darmtheil, so gab die durch das Fernrohr beobachtete Skale einen im Sinne der Erwärmung gehenden Ausschlag, der nach der Durchschneidung des Darmes zwischen den Platinblechen und dem Thermoëlemente fehlte. Ein erster Versuch lieferte 9 und ein zweiter 21°.

---

[1]) Virchow's Archiv, Bd. XXVIII. 1863. S. 1—31.

Die beiden Lungen des Thieres waren vollkommen gesund, von der normalen gelblichen Farbe und ohne alle Spur eines braunen Fleckes an irgend einer Stelle. Die Reizbarkeit schwand auffallend rasch. Die Muskeln zogen sich schon eine Stunde nach dem Tode nicht mehr zusammen, man mochte sie selbst oder ihre Bewegungsnerven mit dem Magnetelektromotor ansprechen. Das Herz gab die gleichen negativen Resultate. Diese Erscheinungen hingen damit zusammen, dass das Thier mehr als $1^1/_2$ Wochen bei dem warmen Frühlingswetter gewacht hatte und erst wieder seit 24 Stunden eingeschlafen war.

Die mikroskopische Untersuchung des Vagus und des Sympathicus der linken Seite, an der man ein langes Stück aus dem Halstheile dieser Nerven vor $3^1/_2$ Wochen ausgeschnitten hatte, lieferte manches Lehrreiche. Zerfaserte ich den linken und zum Theil vorderen Vagusstamm, der, in der untersten Gegend der Brusthöhle, der Speiseröhre anlag, so hatten alle dabei gesonderten Primitivfasern einen ununterbrochenen Markinhalt. Der obere linke Brusttheil dagegen enthielt, wie es schien, durchgehends Fasern, die sich theils auf der Stufe der Querlinien, [4]) theils auf der folgenden Stufe der vollkommenen Sonderung befanden. Man sah Perlschnüre an einzelnen Strecken und isolirte runde Kugeln von Markmasse an anderen. Der untere Halstheil des herumschweifenden Nerven enthielt zum Theil scheinbar marklose Fasern. Andere führten gesonderte Kugeln und einzelne andere Perlschnüre, sowie kleine Markkügelchen und eine feinkörnige Masse. Alle Fasern des unmittelbar benachbarten Sympathicus, die sich durch ihre Schmalheit auszeichneten, hatten vollkommen regelrechtes und ununterbrochenes Mark. Das obere mit dem *Ganglion cervicale supremum* zusammenhängende Stück des Halstammes des Sympathicus enthielt sehr viele schmale Fasern, die sich auf dem Wege der Entartung befanden. Manche besassen noch einen grösstentheils ununterbrochenen Nerveninhalt und zeigten nur eine Sonderung in rundliche Stücke an einzelnen Stellen. Andere boten eine feinkörnige Masse in längeren Strecken und rundliche Markkugeln an einzelnen Stellen dar. Die Entartung schien aber im Ganzen weniger fortgeschritten, als in dem

[4]) Henle und Pfeufer's Zeitschrift. Dritte Reihe Bd. XI. 1861. S. 43. 44.

peripherischen Halsabschnitte des Vagus. Der centrale Theil des Letzteren enthielt zwar grösstentheils regelrechte Primitivfasern. Man fand jedoch auch Einzelne mit kugeligen, gesonderten Markmassen, die nicht schmal, wie die des Sympathicus, sondern breit waren.

Das Kennzeichen des Nervenmarks in polarisirtem Lichte bewährte sich auch in diesem Falle. Legte ich die Präparate in Glycerin und untersuchte sie bei rechtwinkelig gekreuzten Polarisationsebenen und der Einschaltung eines Gypsblättchens von Roth erster Ordnung, so dass die Achsenebene des Letzteren der Längsachse der Nervenfasern parallel ging, so erschienen nicht nur die Perlschnüre und die gesonderten Markkugeln, sondern auch viele der kleinern Kügelchen und der gekörnten Massen, die man nicht sicher als Mark in gewöhnlichem Lichte erkannte, in gelber Farbe. Man sah zugleich viele doppelt brechende Kryställchen, deren Formen an die des kohlensaueren Kalkes des Gehörsandes erinnerten.

Ich wiederholte die Durchschneidung des Halstheiles des Vagus und des Sympathicus der linken Seite an dem in dem zweiten Versuche des folgenden Paragraphen erwähnten Murmelthiere, das ich zwei Wochen vorher trepanirt hatte. Obleich ein grosser Theil der harten Hirnhaut von Ausschwitzungsmassen bedeckt frei zu Tage lag, schlief doch das Thier während der Operation so fest, dass es sich noch nach der Beendigung derselben in tiefer Erstarrung befand.

Die Magnetnadel mit Spiegel machte eine Doppelschwingung in 66 Secunden. Die aus Eisen und Kupfer bestehenden Thermonadeln wurden zuerst um 10 U. 10 M. in die beiden Ohren des noch nicht operirten Thieres eingestochen. Man hatte um 10 U. 16 M. 15° des Galvanometers zu Gunsten des rechten Ohres. Dieses bestimmte mich wiederum, die Nerventrennung auf der linken Seite vorzunehmen.

10 U. 23 M. Ich schnitt ein ungefähr einen halben Centimeter langes Stück aus dem linken Halstheile des Vagus und des Sympathicus aus. Da das Thier fest fortschlief, so verlor es im strengsten Sinne des Wortes keinen Blutstropfen bis nach dem Zunähen der Hautwunde [1]). Man bemerkte die ersten schwachen Athemzüge kurz nach der Operation. Etwas Schleim trat zur Nase hervor.

[1]) Siehe diese Zeitschr., Bd. IX. 1863. S. 129.

10 U. 27 M. Die Einrichtung war so getroffen, dass man den thermoëlektrischen Kreis erst kurz vor der Galvanometerbeobachtung durch Eintauchen von zwei kupfernen Zwischendrathstücken in Quecksilber schloss. Man hatte dann $2^1/_2{}^0$ zu Gunsten des linken Ohres, also der operirten Seite

10 U. 28 M. 4^0 zu Gunsten des linken Ohres, wellige leise Athembewegungen der Bauchdecken.

10 U. 36 M. 4^0 bis 5^0 zu Gunsten des linken Ohres. 4 bis 5 tiefe Athemzüge in einer halben Minute.

10 U. 40 M. $3^1/_2{}^0$ zu Gunsten des linken Ohres.

10 U. 50 M. $14^1/_2{}^0$ in demselben Sinne. 4 Tiefe Athemzüge in $^1/_4$ Minute. Anhaltende Bewegungen des Kopfes.

10 U. 54 M. Die Nadeln der Elektroden der Inductionsrolle des Magnetelektromotors zu beiden Seiten der Wirbelsäule in der Gegend des ersten Rückenwirbels durchgestochen. Die Schläge 60 Secunden durchgeleitet. Die Nadel geht um 7^0 zurück. Man hat also das eigenthümliche von dem aller ähnlichen Versuche abweichende Ergebniss, dass die elektrische Erregung der *Regio cilio-spinalis inferior* eine Wärmeerhöhung und keine Wärmeabnahme in dem gesunden Ohre erzeugte. Da mir die Sache sogleich auffiel, so versicherte ich mich, dass keine Täuschung stattgefunden.

10 U. 55 M. 6 Athemzüge in einer halben Minute. Fortwährende Zuckungen der Hals- und der Kaumuskeln. Das Thier bewegt sich lebhaft in Folge der Berührung.

10 U. 56 M. 6^0 zu Gunsten des linken Ohres.

10 U. 59 M. 60 Secunden die Schläge des Magnetelektromotors durch die *Regio cilio-spinalis inferior* geleitet. Die Nadel geht um 6^0 zu Gunsten der Erwärmung des linken Ohres vorwärts. Heftige Starrkrämpfe der Hinterbeine, die noch eine merkliche Zeit nach dem Aufhören der Galvanisation anhalten.

11 U. 1 M. 14^0 zu Gunsten der linken Ohres.

10 U. 3 M. Die *Regio cilio-spinalis inferior* 20 Secunden lang galvanisirt. Die Nadel geht um 2^0 zu Gunsten des linken Ohres weiter. Das Thier öffnet den Mund während die elektrischen Schläge wirken und hat starke Starrkrämpfe.

11 U. 4 M. 18° zu Gunsten des linken Ohres.

Das Thier erwacht immer mehr und ist nach 3 Stunden vollständig wach und munter. So schwer man auch die Grösse der Pupille erkennen konnte, so versicherte ich mich doch bestimmt, dass das Sehloch der operirten Seite verengt und das der anderen beträchtlich erweitert war, als das Thier leise schlief und als es wachte. Die Bindehaut des operirten Auges sonderte in dem letzteren Zustande eine auffallende Menge einer wässerig schleimigten Masse ab. Die Hornhaut des wachen Thieres spiegelte weit weniger, als die des Schlafenden, so dass man die Regenbogenhaut und das Sehloch in dem ersteren Zustande sehr leicht erkennen konnte. Brachte man die Lippen an je eines der Ohren, so belehrte der Vergleich auch Personen, die von dem Sachverhalte keine Kenntniss hatten, dass das linke Ohr des wachen Thieres, also das der operirten Seite merklich wärmer, als das rechte war.

Das Murmelthier blieb 8 Tage lang wach. Als es von Neuem eingeschlafen war, benutzte ich es wiederum zu einer Beobachtungsreihe über die Wärme des Ohres. Die mit dem Spiegel versehene Magnetnadel des Thermomultiplicators brauchte 70 Secunden für eine Doppelschwingung. Der thermoëlektrische Kreis war an einer Stelle unterbrochen. Die beiden Enden desselben tauchten hier in zwei Quecksilbernäpfchen. Man konnte daher den Schluss und die Oeffnung herbeiführen, indem man einen passend hufeisenförmig gebogenen Kupferdrath in die beiden Quecksilbermassen senkte. Die Thermonadeln bestanden aus Kupfer und Eisen.

10 U. 15 M. Eine Thermonadel durch das rechte und eine durch das linke Ohr gesteckt. Der thermoëlektrische Kreis offen.

10 U. 36 M. Derselbe geschlossen. Erster Ausschlag von 41° zu Gunsten des linken Ohres, also dessen der operirten Seite. Das Thier schläft ziemlich fest und macht 2 bis 3 Athemzüge in $^1/_4$ Minute.

10 U. 42 M. Erster Ausschlag von 46° zu Gunsten des linken Ohres. Ruhe 32°.

10 U. 46. Erster Ausschlag 51°. Ruhe $34^1/_2{}^0$. 3 bis 4 Athemzüge in $^1/_4$ Minute.

Zwei Nadeln zu beiden Seiten des obersten Theiles der Rücken-

wirbelsäule eingestochen. 60 Secunden den starken Schlägen des Magnetelektromotors ausgesetzt, während der Thermokreis geschlossen blieb. Keine Spur von Nadelbewegung.

11 U. 1 M. Die Thermokette blieb seit dem vorigen Versuche bis 11 U. 23 M. fortwährend geschlossen. 44° zu Gunsten des linken Ohres. 4 bis 5 Athemzüge in 1/4 Minute.

11 U. 10 M. 51° zu Gunsten des linken Ohres. 6 bis 7 Athemzüge in 1/4 Minute. Die Behandlung mit den Schlägen des Magnetelektromotors während 60 Secunden, welche die heftigen Zusammenziehungen erzeugt, führt zu keiner Veränderung der Nadelstellung.

11 U. 15 M. 51° zu Gunsten des linken Ohres. Wiederum die *Regio cilio-spinalis inferior* 60 Minuten lang galvanisirt. Die Nadel schwankt indess zwischen 50 und 52°. Das Thier giebt zwei Mal pfeifende Töne von sich und hat sich während der Elektrisirung stark zusammengezogen.

11 U. 17 M. 54° zu Gunsten des linken Ohres. 6 Athemzüge in 1/4 Minute.

11 U. 23 M. 55 1/2 in derselben Richtung 6 Athemzüge in 1/4 M. Der Thermokreis geöffnet.

11 U. 39 M. Derselbe geschlossen. Die Nadel geht an die Hemmung und ruht zuletzt auf 64°. 6 Athemzüge in 1/4 Minute. Die Schläge des Magnetelektromotors während 30 Secunden durch die *Regio cilio-spinalis* geleitet erzeugen keine Veränderung der Nadelstellung.

Einige Stunden später wurde das Thier vollkommen wach gefunden. Es blieb so zum grössten Theile die folgenden acht Tage hindurch. Als es wiederum fest eingeschlafen war, tödtete ich es durch die Umschnürung der Luftröhre.

Die Untersuchung der Leiche lehrte, dass die über der Trepanationsöffnung gelegene Hautwunde durch eine trockene Kruste zusammengeklebt war. Die Ränder der Trepanöffnung erschienen vollkommen scharf, die blossgelegte harte Hirnhaut weisslich und verdickt und die darunter befindliche Hirnmasse nicht sichtlich verändert.

Der peripherische Abschnitt des in einer käsigen Eitermasse zum Theil eingehüllten Vagus-Sympathicusstammes war sichtlich verdickt und man konnte schon mit freiem Auge bemerken, dass diese

Veränderung vorzugsweise den Vagusstamm betraf. Die mikroskopische Untersuchung führte zu einem eigenthümlichen Ergebnisse. Alle Primitivfasern des peripherischen Abschnittes des Vagus befanden sich in dem Anfange der Stufe der gesonderten Vierecke oder auf der der Querlinien. Man sah an vielen Stellen längere Stücke des Markes mit successiven Einschnürungen, durch welche rundliche, aber noch zusammenhängende Abtheilungen erzeugt wurden. Die kugelförmigen Markstücke waren an anderen Orten schon vollkommen gesondert. Zerfaserte ich dagegen den daneben liegenden Stamm des Sympathicus, so fand ich auch nicht eine einzige von den regelrechten Verhältnissen abweichende Faser. Dieser Befund erschien insofern in Ordnung, als nur der Vagus von seinem Centraltheile getrennt war, der Sympathicus dagegen mit der *Regio cilio-spinalis inferior* des Rückenmarkes zusammenhing. Allein auch der obere mit dem *Ganglion cervicale supremum* zusammenhängende Theil des Sympathicusstammes enthielt fast ausschliesslich unveränderte Primitivfasern. Nur einzelne wenige zeigten an beschränkten Stellen Einschnürungen und Unebenheiten, von denen man nicht wusste, ob sie im Leben schon vorhanden gewesen oder erst durch das Zerfasern des Nervenstammes mit den Nadeln künstlich erzeugt worden.

Die oberen Hälften beider Lungen erschienen röthlichbraun, die unteren dagegen hatten eine regelrechte weissgelbliche Farbe. Ich benutzte noch dieses Murmelthier, um die Wärmeentwickelung während der Nerven- und der Muskelthätigkeit unmittelbar nach dem Tode zu untersuchen.

Was die Nerven betrifft, so bediente ich mich derselben Vorrichtung, die ich für die Wärmeentwickelung während der Thätigkeit der Froschnerven gebraucht hatte. Die mit dem Spiegel versehene astatische Nadel machte eine Doppelschwingung in 66 Minuten. Das Fernrohr stand, wie in jenen Beobachtungen, in einer solchen Entfernung, dass 1 Millimeter Skalen-Ausweichung einer Bogenminute Nadelbewegung entsprach. Ich wählte das auch für jene ersteren Untersuchungen gebrauchte Antimon-Wismuthpaar von Vförmiger Gestalt und führte den Strom durch 50 Windungen des Galvanometers von doppelter Drathdicke, d. h. von 2 Millimeter im Durchmesser.

Nahm ich einen kurz nach dem Tode herausgeschnittenen Ast des Armgeflechtes, legte dessen oberen Theil auf die stromzuführende Vorrichtung, die mit der Inductionsrolle eines mehrere Fuss entfernten Schlittenapparates in Verbindung stand, und den untern auf die Löthstelle des Thermoëlementes und schloss die Kette, so wie ich die Ruhe der Skale im Fernrohr erblickte, so begann sogleich die Skalenbewegung im Sinne der Erwärmung des Nerven, als der Magnetelektromotor zu hämmern anfing. Dieses war aber, wenn das untere Nervenstück von der Löthstelle entfernt worden, nicht mehr der Fall. Einige Beispiele mögen das Gesagte erläutern:

10 U. 32 M. Ruhe der Skale. Der senkrechte Faden des Fernrohres steht bei 39°. Er geht, sowie der Magnetelektromotor einige Secunden gespielt hat, auf 21° im Sinne der Erwärmung der den Nerven tragenden Löthstelle.

10 U. 34 M. Ruhe 20°. Die Thätigkeit des Magnetelektromotors während nicht ganz 10 Secunden reicht hin, die Skale auf 15° zurückzuführen.

Ich habe in dem Aufsatze über die Wärmeerzeugung der Froschnerven die Gründe angegeben, weshalb diese elektrischen Versuche nicht als unzweifelhafte Beweise dienen können, dass die Nerventhätigkeit mit Wärmeentwicklung verbunden ist. Ich machte daher auch Beobachtungen mit mechanischer Reizung an einem Aste des Achselgeflechtes. Der untere Theil ruhte auf der Löthstelle des einen Thermoëlementes. Stand die Nadel still, so wurde ein oberer Abschnitt mittelst zweier Messingblätter zusammengedrückt. Die Nadel wich dann sogleich im Sinne der Erwärmung des untern Nervenstückes aus und zwar in einem Falle um mehr als einen Bogengrad oder 60 Grade der Skale.

Die Angaben von Solger [1]) bewogen mich auch, einige Versuche über die Wärmeentwickelung des zusammengezogenen herausgeschnittenen Wadenmuskels anzustellen. Solger beobachtete nämlich bisweilen eine negative Wärmeschwankung, d. h. eine Erkältung des

[1]) Solger, Ueber die Wärmeentwickelung bei der Muskelthätigkeit. Heidenhain's Studien des physiologischen Institutes zu Breslau. Heft II. Leipzig. 1863. 8. S. 254—278.

Muskels in dem ersten Augenblicke seiner Verkürzung und eine nachträgliche Wärmeerhöhung, nachdem die Zusammenziehung aufgehört hatte. Man wird aus dem oben angeführten Aufsatze über die Froschnerven, die ich $^3/_4$ Jahre, ehe mir Solger's Arbeit zu Gesichte kam, niedergeschrieben, ersehen, dass mir beide Phänomene aus eigener Anschauung bekannt sind [1]). Allein ich musste ihnen andere Deutungen geben. Es kam bei jenen Nervenuntersuchungen eine erste Ausweichung der Skale so selten vor, dass ich sie von zufälligen Nebenverhältnissen herleitete. Was die secundäre Erwärmung betrifft, so erklärte ich sie daraus, dass thierische Theile, welche die Löthstelle nicht unmittelbar berührten, sich ebenfalls erwärmten und die Löthstelle in ihrem unbedeckten Theile durch Wärmestrahlung, in ihrem bedeckten dagegen durch Wärmeleitung allmälig wärmer wurde.

Ich habe auch in jener Arbeit über die Froschnerven einige Versuche an Froschmuskeln erwähnt, in denen ich die Erwärmung mit der Poggendorff-Gauss'schen Spiegelablesung, wie bei den Nerven, verfolgt hatte. Eine negative Ausweichung im Sinne des Erkaltens des Muskels, die ich später in Einzelfällen allerdings sah, war mir dabei nicht aufgefallen. Ich wiederholte daher die Beobachtungen mit den Muskeln des Murmelthieres, bin aber dabei nicht glücklicher gewesen.

Ich bereitete mir unmittelbar nach dem Tode ein Präparat, das aus dem Wadenmuskel und dem dazu gehörenden Hüftnerven bestand. Dieses kam auf die stromzuführende Vorrichtung. Der Muskel wurde auf die Löthstelle des einen Thermoëlementes gelegt. Wie ich bei den Versuchen mit den Froschnerven ein Hautstück auf die zweite Löthstelle legte, um den Wärmeunterschied beider zu verkleinern und daher die Nadel um so eher mit dem Berichtigungsmagneten auf Null zu bringen, so nahm ich hier ein Muskelstück zu dem gleichem Zwecke. Es ergab sich:

9 U. 30 M. Der Wadenmuskel zuckt, sowie er auf die Löthstelle gelegt wird.

9 U. 54 M. Der Hüftnerv einige Secunden mit dem Magnetelektromotor behandelt. Die Skale geht sogleich von 44^0 bis 32^0 im

---

[1]) Virchow's Archiv a. a. O. S. 13. 16 und 29.

Sinne der Erwärmung des zusammengezogenen Muskels zurück. Sie ruht auf 44° vor dem Beginn der Tetanisation des Hüftnerven und begiebt sich sogleich nach der abnehmenden, nicht aber vorher nach der der zunehmenden Skalenseite, so wie die Erregung zu wirken anfängt. Man hatte also kein Zeichen einer negativen Wärmeschwankung.

9 U. 55 M. Der Magnetlektromotor spielt einige wenige Secunden. Die Skale geht sogleich zurück von 46° auf 44° und weiter, ohne vorher eine negative Wärmeschwankung darzubieten.

9 U. 56½ M. Um den Gegenstand in anderer Weise zu verfolgen, begann ich den Versuch, ehe die Skale zur Ruhe kam und wählte zum Beginn der Thätigkeit des Magnetelektromotors den Zeitraum, in welchem die Skale nach der Seite spielte, die einer Erkältung des zu prüfenden Muskels entsprochen haben würde. Brach jetzt die Tetanisation ein, so machte die Skale fast augenblicklich Halt und ging nach der entgegengesetzten Seite, die der Erwärmung der verkürzten Muskelmasse entsprach.

9 U. 58½ M. Kein Zeichen einer negativen Wärmeschwankung. Die Skale geht von 45° auf 33° im Sinne der Erwärmung. Sie schwankt eine Minute nach der Beendigung der wenige Secunden anhaltenden Tetanisation zwischen 45° und 41° und eine Minute darauf zwischen 44° und 43½°, also eine kaum merkliche oder keine sichere nachträgliche Erwärmung. Diese zeigte sich etwas deutlicher in einem späteren Versuche.

Da Solger seine negative Wärmeschwankung oft nur bei der ersten, nicht aber bei den späteren Tetanisationen wahrnahm, so müsste man nach diesen Erfahrungen auch auf negative Ergebnisse an Froschmuskeln gefasst sein. Die, welche die Murmelthiermuskeln geliefert haben, können bei ihrer Constanz nur darthun, dass die Erscheinung, wenn sie hier vorhanden ist, keine beständige Nebenwirkung der Muskelverkürzung bildet.

Aus den eben dargestellten Untersuchungen folgt:

1) Die höhere Wärme der vorderen Körpertheile gegenüber den hintern in Murmelthieren, die sich in tiefster Erstarrung befinden, lässt sich auch auf thermoëlektrischem Wege nachweisen. Es versteht sich von selbst, dass man zu dieser Prüfung solche Thiere nehmen muss,

bei denen nicht die äusseren Nachbarkörper aus der vorderen Körperhälfte mehr Wärme ableiteten, als aus der hinteren.

2) Eine feinere thermoëlektrische Vorrichtung kann unmittelbar zeigen, dass schon ein paar Athemzüge und Herzschläge mehr, als früher, die Wärme der Schenkelmuskeln merklich erhöhen. Diese nimmt ab, so wie die Athmung bei neuem Einschlafen stockt. Bedenkt man nun, dass die Durchschneidung der Muskeln eines vollkommen erstarrten Murmelthieres gar keine Blutung im ersten Augenblicke erzeugt, dass diese erst nach einer merklichen Zwischenzeit auftritt, so wird man die niedere Muskelwärme, die man während der Erstarrung antrifft, von dem Mangel des Blutlaufes herleiten. Ein paar Herzschläge und Athemzüge genügen daher, die Muskelmasse so weit zu erwärmen, dass der Thermomultiplicator den Unterschied anzeigt. Der fernere Vergleich lehrte, dass die Wärme rascher steigt, wenn einige Bewegungen der Muskeln gleichzeitig eingreifen.

3) Die durch die Zusammenziehung der Muskeln erzeugte Wärmeerhöhung lässt sich in dem erstarrten Murmelthiere auf thermoëlektrischem Wege ebensogut, als im Frosche nachweisen. Man kann sogar darthun, wie die Muskelbewegung die Nachbartheile durch Wärmeleitung erwärmt. Befand sich die Thermonadel im Ohre, so gab sie einen Erwärmungsausschlag, wenn sich die Halsmuskeln, nicht aber wenn sich die Muskeln eines Hinterbeines verkürzten. Ebenso schwankte sie, wenn das Thier lebhafte Bewegungen mit einem grossen Theile der Körpermuskeln gemacht hatte und sich die Zahl der Herzschläge und der Athemzüge vergrösserte. Eine Tetanisation der Halsmuskeln von 2 bis 5 Secunden kann hinreichen, eine merkliche nachträgliche Wärmeerhöhung im Ohre zu erzeugen.

4) Eine einzige Reflexbewegung der Muskeln des fest schlafenden Murmelthieres genügt, eine an dem Thermomultiplicator wahrnehmbare Wärmeerhöhung hervorzurufen.

5) Untersuchte ich die Erscheinungen an der mit einem Spiegel versehenen Magnetnadel mittelst des Poggendorff-Gauss'schen Ablesungsverfahrens, so konnte ich keine negative Wärmeschwankung im ersten Augenblicke der Zusammenziehung wahrnehmen, wenn sich der Wadenmuskel des Murmelthieres in Folge der Tetanisation des

Hüftnerven zusammengezogen hatte. Das durch das Fernrohr beobachtete Spiegelbild der Skale wich sogleich nach der Seite der Erwärmung aus, wenn sie unmittelbar vorher geruht hatte. Bewegte es sich aber noch im Sinne der Erkältung, so hielt es sogleich still und wandte sich nach der Seite der Erwärmung, so wie sich der Muskel zusammenzogen hatte.

6) Die Wärmeerhöhung des zusammengezogenen ausgeschnittenen Muskels lässt sich leicht nachweisen. Eine nachträgliche wahre Wärmeerhöhung, d. h. eine solche, die sich nicht aus Wärmeleitung benachbarter wärmerer Theile erklären liesse, wurde nicht beobachtet.

7) Wie an den Froschnerven so liess sich an den Murmelthiernerven nachweisen, dass nicht bloss die elektrische, sondern auch die mechanische Erregung der reizbaren Nerven eine Wärmeerhöhung derselben beständig zur Folge hat. Zur Wahrnehmung dieser feinen Verhältnisse gebrauchte ich eine passende Spiessglanz-Wismuthkette ausser der Spiegelablesung der Stellungsveränderungen der gut astasirten Nadel. In Betreff der negativen Wärmeschwankung und der nachträglichen Erwärmung gilt das Gleiche, wie für die Muskeln.

8) Es gelang, die Wärmeerhöhung des verkürzungsfähigen Dünndarmes durch die Tetanisation eines benachbarten von dem Thermokreise ausgeschlossenen Stückes nachzuweisen und darzuthun, dass dieses kein Täuschungsergebniss sei. Man kam daher hier im Ganzen weiter, als an dem Froschdarm.

9) Die im Winterschlafe befindlichen Murmelthiere ertragen die Durchschneidung des Halstheiles der dicht neben einander verlaufenden Stämme des Vagus und Sympathicus ohne Beschwerde. Man kann die Operation ohne Verlust eines Blutstropfens in tief erstarrten Thieren durchführen. Sie lassen sich dabei in ihrem Schlafe nicht stören. Sie leben unbestimmte Zeit fort, als wenn Nichts an ihnen vorgenommen worden, wachen Wochen lang und schlafen dann wieder fest ein. Diese Erfahrungen wurden an jungen Murmelthieren gemacht. Die Altersgenossen derselben starben schon wenige Stunden nach der doppelten Vagustrennung. (§. 23.)

10) Sind die Thiere, an denen man den Vagus und Sympathicus einer Seite durchschnitten hat, wach, so sieht man, dass die Pupille

des Auges der operirten Seite in Vergleich zu dem anderen Sehloche beträchtlich verkleinert erscheint. Das Ohr der kranken Seite ist um so viel wärmer, als das der gesunden, dass man den Unterschied bei dem Betasten mit den Fingern und vorzugsweise mit den Lippen sogleich bemerkt. Man hat mit einem Worte das gleiche Verhalten, wie in anderen wachen Säugethieren.

11) Untersucht man die Wärmeverhältnisse beider Ohren während des tiefen Schlafes, so kommt es vor, dass man das Ohr der operirten Seite wärmer findet, wenn man den Vagus-Sympathicusstamm unmittelbar vorher getrennt hat und das Entgegensetzte vorher Statt gefunden hatte. Die Wärmeerhöhung ist aber in tiefem Schlafe bei Stockung des Blutlaufes unbedeutend, so dass leicht die Nebenverhältnisse das gesunde Ohr wärmer machen.

12) Stellt sich das Erwachen ein, so steigt die Wärme in beiden Ohren mit Zunahme der Blutbewegung. Man hat dann den Fall, dass das kranke Ohr im Laufe des Erwachens beständig das wärmere bleibt. Das Entgegengesetzte kann ebenfalls zeitweise vorkommen, was anzudeuten scheint, dass die Füllung der Blutgefässe an beiden Seiten unsymmetrisch erfolgt.

13) Reizt man die *Regio cilio-spinalis inferior* mit den Schlägen des Magnetelektromotors, während das Thier fest oder leise schläft, so stösst man auf den auch in wachen Geschöpfen sich zeigenden Fall, dass das Ohr der operirten Seite kälter und das des gesunden wärmer wird. Dieses Ergebniss ist aber keinerweges beständig.

14) Die Vagus-Sympathicustrennung an einer Seite hat keine Veränderung in den Lungen zur nothwendigen Folge. Diese Organe können vollkommen gesund erscheinen, wenn das Thier noch 3 bis 4 Wochen fortlebte und sich die Nerven nicht wiedererzeugten.

15) Die Entartung des peripherischen Nerven-Abschnittes tritt im Winterschlafe und während der Hungerzeit des wachen Thieres wie in anderen Säugethieren auf. Man sieht, dass sie um so tiefer eingreift, je näher der Nervenbezirk der Durchnittsstelle liegt. Der untere Halstheil des Vagus war dabei in dieser Zersetzung weiter vorgeschritten, als der obere Brusttheil und dieser weiter, als der untere. Der untere Halstheil des getrennten Sympathicus enthielt keine entarteten Fasern,

zum Beweise ihres Ursprunges aus dem Rückenmarke. Der obere Halstheil dagegen führte solche. Die Zersetzung ging aber in diesen schmalen Fasern langsamer als im Vagus vor sich. Der centrale Abschnitt des herumschweifenden Nerven endlich schloss zwar zum grössten Theile regelrechte Fasern ein. Er enthielt aber einzelne entartete, die viel breiter und durchgreifender zersetzt waren, als die des benachbarten Sympathicus.

16) Wie ein erstarrtes Murmelthier ohne Krämpfe nach der Einverleibung von Strychnin starb, so fehlten auch alle Convulsionen, wenn man andere durch die Umschnürung der Luftröhre tödtete. Einige Athmungsanstrengungen bildeten das einzige Zeichen des Todeskampfes. Selbst diese und überhaupt alle Regungen fehlten, wenn ich ein Murmelthier in Wasser versenkt hatte. Es ertrank in weniger, als 10 Minuten, ohne dass man das geringste Merkmal des eintretenden Todes bemerken konnte.

XX.

Zur Lehre vom entommatischen Sehen.

Von

Dr. **Ludwig Mauthner** [1]).

Es sind die mannigfachen Wege hinlänglich bekannt, auf welchen man zur Anschauung der entommatischen Gegenstände gelangen kann. Sie laufen alle darauf hinaus, dass man sich auf irgend eine Weise homocentrisches Licht verschafft, und die Quelle desselben möglichst nahe an das Auge bringt, um möglichst grosse Bilder der entoptischen Gegenstände zu erlangen. Homocentrisches oder richtiger gesagt, nahezu homocentrisches Licht erhält man, wie man weiss, entweder dadurch, dass man das Licht der Sonne oder einer hellbrennenden Lampe von einer kleinen Metall- oder Quecksilberthermometerkugel sich reflectiren lässt, oder dass man durch eine sehr kleine Oeffnung nach einer hellbeleuchteten Fläche sieht, oder endlich dadurch, dass starke Sammel- oder Zerstreuungsgläser angewendet werden, durch welche eine entfernte Lichtflamme betrachtet wird. Die Wirkung dieser Gläser ist klar. Wenn man ein sehr starkes Zerstreuungsglas, z. B. von 1 Zoll Brennweite, oder da Einem so starke Concavgläser selten zu Gebote stehen, eine Reihe schwächerer Concavgläser nahe vor das Auge bringt und nach einer entfernten Kerzen- oder Gasflamme sieht, so giebt das sehr verkleinerte virtuelle Bild der Flamme das Centrum des homocentrischen Lichtes ab, dessen Entfernung von

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

der Cornea und die davon abhängige Grösse des entoptischen Sehfeldes, von der Brennweite der angewendeten Gläser beeinflusst wird. Die Wirkung der Convexgläser, bei welchen wir einen Augenblick verweilen wollen, ist ebenfalls einleuchtend. Wenn ich eine Sammellinse von zwei Zoll Brennweite so zwischen mein Auge und eine entfernte Flamme halte, dass das reelle, sehr verkleinerte Bild der Flamme ungefähr in den vordern Brennpunkt meines Auges fällt, so sind alle Bedingungen zum entommatischen Sehen gegeben.

Mag ich nun ein starkes Convexglas in der oben genannten Weise oder eine starke Concavlinse anwenden, mag ich mich des Flammen-Spiegelbildes eines Convexspiegels von geringem Krümmungsradius oder einer kleinen Oeffnung in einem dunkeln Schirme bedienen, ich erhalte immer das Bild der entoptischen Gegenstände in derselben Lage und Richtung. In dem vom Schlagschatten der Iris begrenzten Lichtkreise sehe ich in allen Fällen beim Herabsenken des obern Augenlides die Schatten der Cilien von unten her im Sehfelde aufsteigen, ich sehe die Bewegung der auf der Hornhaut angesammelten Flüssigkeit von oben nach unten u. s. f.

Wenn ich nun den Versuch mit einer starken Convexlinse mache, und ich rücke dieselbe immer näher und näher an das Auge, so werde ich bemerken, dass die Schatten der Cilien des obern Lides mit einem Male nicht mehr von unten, sondern von oben her in das Sehfeld kommen. Das Centrum des homocentrischen Lichtes ist dann in das Auge selbst hineingerückt, und eine einfache Construction ergiebt, dass die Schatten aller vor dem Centrum des homocentrischen Lichtes gelegenen entoptischen Gegenstände gegen ihre frühere Lage verkehrt, also nunmehr in der den Gegenständen factisch zukommenden Lage erscheinen müssen. Wenn ich es nun versuche, mir homocentrisches Licht mittelst einer Convexlinse von grösserer Brennweite zu verschaffen, wenn ich hiezu etwa eine solche von 12 Zoll Brennweite nehme, so werde ich allerdings, falls der Durchmesser einer entfernten Lichtquelle ein geringer ist, mir dadurch homocentrisches Licht verschaffen können, dass ich das Linsenbild in den vordern Brennpunkt meines Auges bringe. Aber wie verhält es sich, wenn ich mit einer solchen Linse ganz nahe vor das Auge rücke?

Nehmen wir an, ich hätte ein normales Auge und dasselbe befände sich in Ruhe, dann erhielte ich durch die combinirte Wirkung der Convexlinse und meines dioptrischen Apparates ein verkleinertes Bild der Lichtflamme innerhalb des Glaskörpers. Wird dieses als Ausgangspunkt homocentrischen Lichtes dienen können? Es kommt hierbei die Entfernung dieses Lichtbildes von der Netzhaut in Betracht. Wir wissen, dass wenn wir vor ein normales Auge, welches eine entfernte Lichtflamme fixirt, ein schwaches Convexglas legen, die Flamme als solche, wiewohl undeutlich (mittelst Zerstreuungskreisen) gesehen wird. Wir wissen weiter, dass wenn wir vor dasselbe Auge ein starkes Convexglas z. B. von 2 Zoll Brennweite legen, das Bild der Flamme in einer solchen Entfernung von der Retina construirt wird, dass es gar nicht mehr als solches, nicht einmal in Zerstreuungskreisen wahrgenommen wird, sondern nur als Ausgangspunkt homocentrischen Lichtes dient. Die Frage ist nun einfach die: Wenn es sich um ein Auge von einem bestimmten Refractions- und Accommodations-Zustand handelt, wenn z. B. Jemand mit einem Normalauge für parallele Strahlen eingerichtet ist, also eine entfernte Lichtflamme deutlich sieht, und sich vor das Auge Sammellinsen in der Reihenfolge nach einander hält, dass er von den schwächsten zu immer stärkeren übergeht, welches ist das schwächste Convexglas, mit welchem er nicht mehr die Flamme selbst, wenn auch undeutlich, sondern sein vom Schlagschatten der Iris begrenztes entoptisches Sehfeld sieht? Die Lösung dieser Frage giebt die Mittel an die Hand zu finden, in welcher Entfernung von der Netzhaut das Bild eines leuchtenden Gegenstandes von bestimmtem Durchmesser liegen muss, um nicht mehr als solches wahrgenommen werden zu können.

Sollte es sich hiebei herausstellen, dass die Entfernung des Lichtbildes von der Retina, um als Ausgangspunkt homocentrischen Lichtes zu dienen, nur eine solche zu sein braucht, wie sie bei Augen von gewissen, nämlich myopischem Baue factisch statthat, wenn ein solches Auge einen entfernten Gegenstand ansieht: dann müsste die bis jetzt nicht bekannte Thatsache sich ergeben, dass Augen von einem bestimmten Grade von Myopie einfach dadurch, dass sie in eine entfernte Lichtflamme blicken, die Gegenstände ihres Auges sehen.

Die eben angeregten Fragen zu beantworten, ist Zweck dieser Zeilen. Vor Allem muss ich bemerken, dass meine beiden Augen myopisch, und zwar nahezu gleich myopisch sind. Die Myopie beträgt $^1/_7$. Ich mache folgenden Versuch. Ich schliesse ein Auge, und stelle mich nahe zu einer Kerzenflamme, so dass diese mir zunächst vollkommen scharf und deutlich erscheint. Ich entferne mich nun allmälig von derselben. Es wird mir die Flamme bald undeutlich und es tritt die Erscheinung der *Polyopia monophthalmica* ein. Ich sehe eine grössere Anzahl von Flammen. Die Zahl derselben ist verschieden je nach der Haltung meines Auges. Sowie ich aber auf 15 Fuss von der Kerze zurückgetreten bin, fliessen alle Bilder der Flamme wieder zu einem zusammen. Ich sehe eine leuchtende Fläche, in der mir mannigfache Zeichnungen auffallen. So wie ich das andere Auge öffne, verkleinert sich der lichte Kreis. Entferne ich mich auf 30 Fuss von der Kerzenflamme, dann kann ich meine entoptischen Gegenstände auf die bequemste Weise in der Flamme beschauen. Der lichte Kreis hat eine viel bedeutendere Ausdehnung, wie früher. Er wird nämlich um so grösser, je weiter die Quelle des homocentrischen Lichtes von der Netzhaut wegrückt. Beim Zwinkern mit dem Auge sehe ich die Schatten der Cilien des obern Lides von oben her in's Sehfeld kommen, die Thränenflüssigkeit auf der vordern Fläche der Cornea zieht in hellen Blasen von unten nach oben. Schliesse ich nun das bis jetzt zur Beobachtung verwendete Auge und öffne das andere, so erscheint mir wiederum ein heller Kreis an der Stelle der Flamme, jedoch sind die Zeichnungen in demselben von denen des früheren verschieden. Oeffne ich nun beide Augen, so verkleinert sich augenblicklich das Sehfeld und ich glaube für den Moment wieder ein neues Schauspiel zu haben, bis ich die Combination dieses Lichtkreises aus den beiden früher einzeln wahrgenommenen erkenne. Es sind hiebei die entoptisch wahrnehmbaren Gegenstände beider Augen in dasselbe Sehfeld eingetragen, und ich kann ihre relative Lage gegen einander beurtheilen.

Dieselben Phänome bieten sich mir dar, wenn ich in eine entfernte Gasflamme sehe. Wegen des grösseren Durchmessers der Lichtquelle ist zum Behufe des entoptischen Sehens eine grössere Ent-

fernung derselben erforderlich, als dies bei einer Kerzenflamme nöthig ist. Beim Betrachten einer etwa 200 Fuss entfernten Gasflamme ist die Beobachtung wegen der Helligkeit des Sehfeldes überhaupt am schönsten.

Die Erklärung der angegebenen Thatsachen ist nach dem Eingangs in Anregung Gebrachten klar. Bei einer Myopie $^1/_7$ liegt das Bild einer entfernten Lichtflamme so weit vor der Netzhaut, dass es als Mittelpunkt homocentrischen Lichtes dient. Dass die Schatten der Wimpern des obern Lides von oben her in's Sehfeld kommen, ist aus der Lage der Quelle des homocentrischen Lichtes selbstverständlich.

Es ist klar, dass mir auch die Sterne, die ich mit freiem Auge wahrnehmen kann, nicht als strahlige Figuren, sondern als runde Kreise erscheinen, der Ausdruck der Begrenzung des Sehfeldes durch den Schlagschatten der Iris. Das Vergnügen, in einem Sterne die Gegenstände meines Auges zu beschauen, wird jedoch dadurch vereitelt, dass das Licht, selbst der hellleuchtendsten Sterne ein zu lichtschwaches Sehfeld abgibt [1]).

Zunächst verdiente die Frage Erörterung, welches der geringste Grad von Myopie sei, bei dem die oben genannten Erscheinungen eintreten. Diese Frage ist natürlich gleichbedeutend mit der Anfangs aufgestellten, welches das schwächste Convexglas wäre, mit dem ein normales Auge beim Blicke in eine entfernte Flamme entoptisch sieht. Um dies zu entscheiden, legte ich vor mein Auge der Reihe nach Concavgläser von verschiedener Brennweite, welche selbstverständlich bei allen grösser als 7 Zoll war. Beim Betrachten von Gasflammen ist — $^1/_{12}$ das äusserste Glas, mittelst dessen ich noch entoptische Bilder erhalte. Die Kurzsichtigkeit, die mir hiebei bleibt, ist $^1/_7$ — $^1/_{12} = {}^1/_{16}{}^4/_7$. Mithin müssen Myopen mit einer Myopie $^1/_{16}$ bereits beim Blicke in eine entfernte Gasflamme entoptisch sehen. Nur hat das Sehfeld hiebei noch einen verhältnissmässig geringen Umfang. Auch glaubt man, wenn man nicht genau beobachtet, es bloss mit einem undeutlichen Bilde der Flamme zu thun zu haben. Schenkt man aber der Sache grössere Aufmerksamkeit, so erkennt man die

---

[1]) In einzelnen besonders sternenhellen Nächten ist es mir doch seitdem geglückt.
Späterer Zusatz des Verfassers.

Abhängigkeit der Ausdehnung des Sehfeldes von der Weite der Pupillen und die Schatten der Cilien des obern Lides, die bereits, von oben her, im Sehfelde auftauchen.

Beim Sehen in eine etwa 50 Fuss entfernte Kerzenflamme kann ich jedoch ein Glas von 10 Zoll negativer Brennweite meinem Auge vorhalten, und dabei noch entoptisch sehen. Die Kurzsichtigkeit, die mir in diesem Falle noch bleibt, ist $^1/_7 - ^1/_{10} = ^1/_{23\frac{1}{3}}$. Es kommt hiebei natürlich der Durchmesser der Lichtquelle in Betracht. Wenn dieser eine bestimmte Grenze überschreitet, kommt überhaupt kein entommatisches Sehen unter den besprochenen Bedingungen mehr zu Stande.

Wenn nun der geringste Grad von Myopie angegeben werden kann, bei welchem es zum entoptischen Sehen kommt, wenn man in eine ferne Flamme blickt, so kann dies zur Beantwortung der Frage dienen, wie weit das Bild einer Lichtflamme von der Netzhaut entfernt sein muss, um als Quelle homocentrischen Lichtes zu dienen.

Zehender hat unter Zugrundelegung gewisser Eigenschaften für ein schematisches Auge die Beziehung berechnet, welche zwischen der Länge der Augenachse und der Entfernung besteht, in welcher ein deutlich zu sehender Gegenstand liegen muss, natürlich unter der Voraussetzung, dass das Auge keine Accommodationsbewegung ausführt.

Es ergiebt sich daraus, dass ein Auge mit einer Längenachse von 22·78 Millim. in unendlicher Entfernung deutlich sieht, während ein anderes Auge mit denselben optischen Constanten, dessen Achse 23·26 Millim. beträgt, seinen Fernpunkt 2 Par. Fuss vor dem Auge hat. In diesem letztern Auge werden also parallel auffallende Strahlen 0·48 Millim. vor der Netzhaut vereinigt. Da nun ein Auge mit einer Kurzsichtigkeit von $^1/_{23\frac{1}{3}}$ (die Masse sind in Wiener Zollen. 1 Par. Zoll = 1·028 Wien. Zoll) beim Blicke in eine entfernte Kerzenflamme die entommatischen Gegenstände sieht, in einem solchen Auge aber das Bild der Lichtflamme nur etwa $^1/_2$ Millim. vor der Netzhaut liegt, so geht daraus hervor, dass das Bild einer Lichtquelle von geringem Durchmesser nur $^1/_2$ Millim. vor der Netzhaut zu liegen braucht, um bereits entoptisches Sehen zu vermitteln. Bei einem Fernpunkte von

16 Zoll, welcher nöthig ist, um in einer entfernten Gasflamme die Gegenstände seines Auges sehen zu können, ist das Bild der Gasflamme nicht ganz 1 Millim. von der Retina entfernt. Bei einer Myopie von $^1/_6$, bei welcher das Phänomen des entoptischen Sehens unter der bekannten Bedingung, wegen der Grösse des Sehfeldes bereits für Jedermann handgreiflich ist, steht das Centrum des homocentrischen Lichtes etwas über 2 Millim. von der Netzhaut ab.

Hiemit sind die im Beginne dieser Zeilen aufgeworfenen Fragen beantwortet. Die Resultate sind: Ein normales in Ruhe befindliches Auge wird durch Vorlegen einer Convexlinse von 23 Zoll Brennweite beim Blicke in eine entfernte Kerzenflamme, durch Vorlegen eines Sammelglases $^1/_{16}$ beim Betrachten einer entfernten Gasflamme bereits die Gegenstände seines Auges sehen, und es wird ihm, wenn es sich mit einem Convexglase von 6 Zoll Brennweite bewaffnet, das zu beobachtende Phänomen in grösster Klarheit hervortreten. Der Abstand des Bildes des leuchtenden Gegenstandes von der Netzhaut beträgt für die drei gesetzten Fälle nahezu $^1/_2$, 1 und 2 Millim. Da der Abstand des Bildes des leuchtenden Gegenstandes zum besprochenen Endzwecke nur so gering zu sein braucht, so giebt es Augen, welche ohne Anwendung von Gläsern beim Blicke in eine entfernte Lichtflamme entoptisch sehen, nämlich myopische Augen von einem gewissen Grade und zwar von der Myopie: $^1/_{23}$, $^1/_{16}$, $^1/_6$ für die drei zuletzt angegebenen Fälle.

Das, was ich jetzt noch besprechen möchte, ist eine besonders einfache Weise, auf welche jeder Brillenträger die Gegenstände seines Auges sehen kann, sowie eine anzuknüpfende Bemerkung über die Beurtheilung der Genauigkeit von Concavbrillen. Wenn ich mit meinem Augenglase in eine Kerzen- oder Lampenflamme schaue und meinen Blick ein wenig nach abwärts auf einen bis zur Flamme heranreichenden dunkeln Schirm richte, so sehe ich vor jedem meiner Augen eine helle Scheibe schweben, welche, wie ich mich leicht überzeuge, das entopische Sehfeld des betreffenden Auges darstellt.

Als leuchtender Gegenstand dient hiebei ein kleines, aufrechtes, vor der Concavlinse (d. h. zwischen der Flamme und der Linse) schwebendes Spiegelbild der Flamme. Die Entfernung dieses Spiegel-

bildes von dem Glase hängt hauptsächlich von der Grösse der Krümmungshalbmesser der Linsenflächen ab, und sie ist natürlich um so kleiner, je kleiner die Krümmungsradii sind. Bei einer Concavlinse von 7 Zoll Brennweite, welche ich trage, steht das Spiegelbild so nahe an der Linse, dass es weit innerhalb der Grenze meiner deutlichen Sehweite liegt. Da es nun ausserdem einen sehr geringen Durchmesser hat, so gehen daraus die günstigen Bedingungen für das entoptische Sehen von selbst hervor.

Bei geringeren Graden von Kursichtigkeit sind dieselben Bedingungen zum entoptischen Sehen gegeben, vorausgesetzt dass der Kurzsichtige eine solche Brille trägt, welche seine Myopie vollständig oder nahezu vollständig corrigirt. Dann steht nämlich das besprochene Spiegelbild immer innerhalb der deutlichen Sehweite des betreffenden Individuums, wenn es auch absolut weiter vom Auge entfernt ist. So kann ich allerdings nicht auf die besprochene Weise entoptisch sehen, wenn ich ein Glas — $^1/_{16}$ vor mein Auge halte, wohl aber kann es der, welcher eine Myopie $^1/_{16}$ besitzt. — Bei Convexlinsen dient als Ausgangspunkt des homocentrischen Lichtes ein zwischen Glas und Auge befindliches verkehrtes Spiegelbildchen der Lichtflamme. Wenn man das Glas vor das Auge hält, so fällt das Spiegelbild bereits in das Innere des Auges. In dem entoptischen Sehfelde tauchen demnach die Schatten der Cilien des obern Lides von oben her auf. (Nur bei sehr starken positiven Gläsern, von 2 Zoll Brennweite, liegt das Spiegelbild ausserhalb des Auges, auch wenn man das Glas nahe an das Auge bringt. In das entoptische Sehfeld ragen dann natürlich die Schatten der Cilien des obern Lides von unten her hinein.)

Auf die eben abgehandelte Art kann man des Abends mit aller Musse die Gegenstände seines Auges studiren, indem man neben einer Kerzen- oder Lampenflamme in den dunkeln Hintergrund oder auf einen dunkeln Schirm (etwa ein Buch mit dunkelm Einband, das man in einiger Entfernung vom Auge hält) blickt. Die Distanz, bis zu welcher man sich hiebei von der Lichtflamme entfernen kann, hängt von der Intensität und dem Durchmesser derselben ab, bei einer Kerzenflamme bis 15, bei einer hellbrennenden Lampe bis 30 Fuss. Ueber diese Grenzen hinaus wird das entoptische Sehfeld zu lichtschwach.

Schliesslich noch einige Worte über eine Verwendung der genannten entoptischen Sehfelder zur Beurtheilung der richtigen Construction von Concavbrillen. Da Concavbrillen in der Regel für das Sehen in die Ferne benützt werden, so soll beim Blicke auf einen entfernten Gegenstand die Gesichtslinie eines jeden Auges mit der Achse der entsprechenden Zerstreuungslinse zusammenfallen. Stelle ich mich in eine Entfernung von 30 Fuss von einer hellbrennenden Lampe (und zwar so, dass eine durch die Lichtflamme und meinen Nasenrücken gelegte Ebene auf der Berührungsebene beider Hornhäute beiläufig senkrecht steht), und sind meine Augen mit einer für das Sehen in die Ferne genau verfertigten Brille bewaffnet: so werden die besprochenen lichten Kreise beim Blicke in die Lampe in einer gewissen Entfernung neben einander, in einer horizontalen Ebene und einen gleichen Durchmesser darbietend liegen. (So wird es wenigstens der Ungeübte, der Laie, worauf es hiebei ankommt, sehen, der nicht im Stande ist, die beiden Bilder in eines zu vereinigen). Wenn man nun einen brillenbedürftigen Myopen mit einem Augenglase ausstattet, und nach dem blossen Ansehen glaubt, für den gehörigen Abstand der beiden Linsencentra vollkommen gesorgt zu haben, und man lässt ihn nun den eben besprochenen Versuch machen, so wird man sich überzeugen, in wie seltenen Fällen die Genauigkeit der Brille durch das Verhalten der bewussten entoptischen Sehfelder bestätigt wird. Dieselben bieten nämlich mancherlei Abweichungen in Lage und Grösse dar. Die Abweichungen in der Lage sind: Die Bilder liegen nicht in gleicher Höhe, eine häufige Erscheinung. Die Bilder liegen sehr nahe an einander, berühren sich, decken sich theilweise oder ganz. Die Bilder liegen zwar in einiger Entfernung von einander, jedoch überzeugt man sich durch abwechselndes Schliessen der Augen, dass sie gekreuzt sind, eine fast constante Erscheinung bei den sogenannten Nasenzwickern. Selten zeigt sich die Mangelhaftigkeit der Brille durch zu weites Abstehen der entoptischen Sehfelder von einander.

Was die Grösse anlangt, so beobachtet man mitunter eine ungleiche Grösse der beiden Sehfelder.

Die Deutung dieser Erscheinungen ist eine leichte. Ungleiche Höhe der Lichtbilder beweist, dass die Centra der Gläser (eines oder

beider) ober- oder unterhalb der Gesichtslinie liegen (was leicht zu entscheiden). Berühren sie sich oder decken sie sich ganz bei der Anstellung des Versuches von einem Ungeübten, so beweist dies, dass die Centra der Gläser nach innen von den Gesichtslinien liegen, und dies um so mehr, wenn sich die Bilder kreuzen.

Ungleiche Grösse der beiden Sehfelder kann eine doppelte Bedeutung haben. Dasjenige Glas nämlich, dem ein kleineres Sehfeld entspricht, steht entweder mehr vom Auge ab, oder es ist schwächer, als das andere. Das entoptische Sehfeld ist bekanntlich um so kleiner, je weiter das Centrum des homocentrischen Lichtes von der Cornea absteht, und dies kann in unserm Falle nur bewirkt werden entweder dadurch, dass ein Glas von gleicher Schärfe, wie das andere, von der Cornea weiter entfernt ist, oder dadurch, dass ein in gleichem Abstande von der Cornea befindliches Glas schwächer ist, als das zweite, dem das grössere Sehfeld entspricht.

Man wird hiedurch im speciellen Falle auf einen der bestehenden Fehler aufmerksam gemacht, und wird den wahren leicht erkennen. Vorausgesetzt ist jedoch hiebei, dass die Myopie beider Augen eine gleiche ist (und dass die Pupillen frei beweglich, Myosis, Mydriasis, hintere Synechien des einen oder des andern Auges ausgeschlossen sind). Es ergiebt sich weiter, dass falls man weiss, dass beide Brillengläser gleich scharf sind und gleich weit vom Auge abstehen, und sich dennoch eine ungleiche Grösse der entoptischen Sehfelder erweist, die Augen nicht im gleichen Grade myopisch sind, dasjenige, dem das kleinere Sehfeld entspricht, mehr myopisch ist, als das andere, weil bei letzterem das in Betracht kommende Spiegelbild weiter innerhalb der deutlichen Sehweite liegen muss, wenn das entoptische Sehfeld ein grösseres ist.

Bei diesen Versuchen kommen nun gewöhnlich mancherlei Fehler der Brillen an's Tageslicht. Es ist nicht übertrieben, wenn ich sage, dass beim Tragen der Nasenzwicker die entoptischen Sehfelder nicht allzu selten gekreuzt, in ungleicher Höhe, und überdies von ungleicher Grösse sind, d. h. dass die Centra der Brillengläser sehr weit nach innen von den Gesichtslinien liegen, dass eines oder beide über oder unter denselben stehen, und dass das eine Glas vom Auge weiter

entfernt ist, als das andere. Die ungleiche Höhe der Bilder lässt sich im Allgemeinen durch Manipulationen am Brillengestelle corrigiren, eben so deren ungleiche Grösse, bedingt durch ungleichen Abstand der Gläser vom Auge. Sind aber die entoptischen Sehfelder bei einer Brille, die für die Ferne centrirt sein soll, gekreuzt oder fliessen sie auch nur zusammen, so ist eine solche Brille zu verwerfen. Dagegen wird man auf das Vorhandensein des letztern Umstandes, nämlich des Zusammenfliessens der entoptischen Sehfelder achten, in jenen Fällen, wo bei höheren Graden von Myopie Brillengläser zum Sehen in die Nähe, zum Lesen und Schreiben, in Verwendung kommen sollen.

Diese Anwendung der entoptischen Sehfelder ist hinlänglich praktisch verwerthbar. Man braucht nämlich beim Versuche durchaus nicht rigoros zu Werke zu gehen. In dem dunkeln Zimmer, das jedem Augenarzte zur Augenspiegeluntersuchung zu Gebote steht, stelle sich das betreffende Individuum so weit wie möglich entfernt mit seiner Brille der Lampenflamme gegenüber. Auf einem unter der Flamme gehaltenen Schirme erscheinen dann die entoptischen lichten Kreise. Die Angaben der Individuen sind in der Regel brauchbar, da die Myopie oder wenigstens das Brillentragen vorzüglich eine Eigenheit der gebildeteren Stände ist.

Zur Beurtheilung des richtigen Abstandes der Linsencentra bei Convexbrillen sind die hiebei in Betracht kommenden entoptischen Sehfelder nur schwer zu verwenden, weil sie sich beim Verschieben der Brille in entgegengesetzter Richtung mit den Gläsern bewegen, ein Verhalten, das sich aus der Eigenthümlichkeit des als Quelle des homocentrischen Lichtes dienenden verkehrten Spiegelbildchens ergiebt. Bei Beurtheilung der Brauchbarkeit von Convexbrillen zum Sehen in die Nähe, was ohnehin der gewöhnliche Fall ist, kann man auf das Verschmelzen der entoptischen Sehfelder Rücksicht nehmen.

XXI.

Ueber die Wirkung des Entladungsstromes auf das Blut.

Von

Dr. **Alexander Rollett,**

Assistenten am physiologischen Institute der Wiener Universität [1]).

(Mit 2 Tafeln.)

Unter den Versuchen und Beobachtungen am Blute, welche ich vor einiger Zeit veröffentlichte (diese Untersuchungen, S. 52 des vorliegenden Bandes), habe ich auch die Veränderungen beschrieben, welche das Blut erleidet, wenn es sich im Schliessungsbogen einer sich entladenden Leydner Flasche befindet. Ich hatte damals das Blut in 40—50 Millim. lange Glasröhrchen von 5 Millim. Durchmesser im Lichten aufgenommen. Als Elektroden dienten dünne Platindräthe. Die äusseren Enden derselben waren mit den metallischen Theilen des Schliessungsbogen in Verbindung.

Eine Reihe von Entladungsschlägen hellten das Blut auf und verwandelten es in eine lackfarbenähnlich durchsichtige, prächtig roth gefärbte Flüssigkeit.

Die Aufhellung wurde zuerst an den Platinelektroden sichtbar, und schritt von da gegen die Mitte der Blutsäule mit zunehmender Geschwindigkeit fort.

Ich habe versprochen diese Wirkung des Entladungsschlages auf das Blut weiter zu verfolgen.

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

Eine genaue Zergliederung des eben mitgetheilten Fundamentalversuches zeigte mir bald den Weg, welchen ich zu dem Ende einschlagen musste.

Je näher ich aber meinen Gegenstand in's Auge fasste, desto mehr neue Fragen knüpften sich daran, und obwohl ich sehr wohl einsehe, wie viel für die Erledigung derselben noch zu leisten ist, habe ich mich doch entschlossen, hier einige erneuerte vorläufige Mittheilungen meiner ersten kurzen Notiz folgen zu lassen.

I. Zur Methode der elektrischen Aufhellung des Blutes.

Ich habe mich bisher nur einer Leydner Flasche bei meinen Versuchen bedient.

Dieselbe ist in Verbindung mit der Elektrisirmaschine, welche ich schon zu meinen früheren Versuchen benützte [1]) und deren für das Verständniss der Versuche wichtigste Theile in Fig. 1 in ihrer natürlichen Lage abgebildet sind. Die Flasche ist 470 Millim. lang, sie hat einen Durchmesser von 97 Millim. und ist bis zu einer Höhe von 410 Millim. aussen und innen mit Stanniol belegt. Der Conductor ist cylindrisch, sein Durchmesser 45 Millim., er ist um einen Kreis von 225 Millim. Durchmesser zusammengebogen. Durch den Stab ab kann er in leitende Verbindung mit dem innern Flaschenbeleg gebracht werden, so dass Conductor und Flasche zugleich beim Drehen der Maschine geladen werden. Oder es kann ab ausgeschraubt und dadurch die Flasche ausser Wirksamkeit gesetzt werden. Der Auslader cd ist horizontal verschiebbar, zwischen ihm und der mit dem Conductor zusammenhängenden Kugel k springen die Funken bei der Entladung durch die Luft. Die Entfernung ck und immer nur diese ist in den späteren Versuchen mit *S.* d. i. Schlagweite bezeichnet.

Eine zweite Unterbrechung in der Leitung vom Conductor und innern Beleg der Flasche zum äussern Flaschenbeleg und zur Erde ist zwischen den Stäben m, n. Diese Stäbe sind durch die Glassäule op von einander isolirt. An ihrem freien Ende tragen die Stäbe

---

[1]) Herrn Professor Ludwig, welcher mir dieselbe auch zu meinen dermaligen Versuchen geliehen hat, sage ich abermals meinen besten Dank dafür.

Klemmen, in welche die Dräthe der das Blut enthaltenden Röhrchen aufgenommen werden.

Der Auslader konnte in bestimmte Entfernung von dem Conductor eingestellt werden. Beim Drehen der Maschine erfolgten dann die Entladungen von selbst, wenn die der gewählten Schlagweite entsprechende Spannung in der Flasche erreicht war.

Kräftige Wirkungen auf das Blut erzielt man nur dann, wenn die Flasche mitgeladen und die Schlagweite einigermassen gross genommen wird.

Zu allen Versuchen, welche später beschrieben werden sollen, wurden defibrinirtes Schweine-, Kaninchen- und Ochsenblut und aus dem Kuchen gepresstes Menschenblut verwendet.

Diese Blutarten setzen entweder gar nicht oder erst längere Zeit nach dem Elektrisiren Hämatoglobulin-Krystalle ab. (Versuche und Beobachtungen am Blute l. c.).

Bei meinen dermaligen Versuchen war es mir aber wünschenswerth durch die Krystallbildung nicht gestört zu werden. Meistens wurde ganz frisches Schweineblut verwendet.

Füllt man das oben angeführte Röhrchen mit Blut und schaltet es in der auf Fig. 1 ersichtlichen Weise in den Schliessungsbogen, so erhält man, wenn die Maschine in Thätigkeit gesetzt wird, während der Stab *ab* ausgeschraubt ist, keine sichtbare Einwirkung auf das Blut, mag man *S.* nun 0, 5, 10, 15, 20 oder 30 Millim. gross machen.

Auch nach einer grossen Anzahl von Entladungen des Conductors ändert sich nichts am Blute. Schraubt man hingegen *ab* ein, so dass die Flasche mitgeladen wird, dann erhält man, wenn $S = O$ zwar auch keine Wirkung, aber schon bei $S = 5$ Millim. zeigt das Blut nach einer verhältnissmässig geringen Zahl von Entladungen an den Platinelektroden eine deutlich bemerkbare Aufhellung, mit jedem neuen Schlage schreitet diese gegen die Mitte der Blutsäule fort, und zwar mit zunehmender Geschwindigkeit, nach einer grösseren Anzahl von Schlägen ist die ganze Blutsäule zwischen den Elektroden aufgehellt.

Die Zahl der Schläge, welche nothwendig ist, um das letztere Resultat hervorzubringen, wird geringer, wenn man bei einem neuen

Versuche mit einer anderen Probe des nämlichen Blutes S grösser macht.

Beispielsweise setze ich folgende Versuche hierher.

Das 40 Millim. lange Röhrchen enthielt.	S in Millimeter	Anzahl d. Schläge bis zur ersten an den Elektroden sichtbaren Aufhellung.	Anzahl d. Schläge bis zur gleichmässigen Aufhellung der Blutsäule.
Schweineblut	5	3	12
	10	1	5
	15	1	4
	20	1	3
Ochsenblut	5	2	30
	10	1	6
	15	1	5
	20	1	4

Die Schlagweite darf nicht so weit getrieben werden, dass die Elektricität die ihr vorgezeichneten Bahnen verlässt, weil dann die Flüssigkeit aus dem Röhrchen geschleudert und der Gang der Erscheinungen wesentlich anders gestaltet wird.

Ueberhaupt muss man sich immer innerhalb jener Grenzen halten, in welchen den Vorgängen im Schliessungsbogen die oben beschriebenen regelmässigen Veränderungen des Blutes, deren Studium wir uns vorgenommen haben, entsprechen.

Nach dieser kurzen Verständigung über die Methode zur elektrischen Aufhellung des Blutes, wollen wir uns über die früher beschriebene Form und Folge der Erscheinungen an der einfachen Blutsäule Rechenschaft geben.

II. Wovon hängt die Veränderung des Blutes zunächst ab?

Bei unserer früheren Versuchsanordnung beginnt die Aufhellung immer an den Elektroden. Steht das vielleicht im Zusammenhange mit der Elektrolyse und ist die spätere Erhellung der ganzen Blutsäule eine secundäre Erscheinung?

Von Schübler[1]) begonnen und richtig erklärt, aber in Vergessenheit gerathen, von Dutrochet[1]) wieder aufgenommen aber missdeutet, von Joh. Müller[2]) wiederholt und zuerst wieder verständig gedeutet, liegen Versuche über die Einwirkung des galvanischen Stromes auf das Blut vor.

Diese Versuche sind sehr leicht anzustellen.

Sie ergeben, dass zunächst die Salze des Blutes elektrolysirt werden. An der positiven Elektrode scheidet sich Säure ab, macht das Eiweiss gerinnen und das gebildete Gerinnsel schliesst verschrumpfte und verzerrte Blutkörperchen ein, nebenbei entwickeln sich einige Gasblasen.

An der negativen Elektrode scheidet sich Alkali ab, hier findet eine reichlichere Entwickelung von Gasblasen Statt und werden die Blutkörperchen in der Nähe der Elektrode aufgelösst und davon das Serum roth tingirt. Die Veränderungen bleiben auf die Pole beschränkt und treffen, wenn die letzteren einigermassen von einander entfernt sind, nicht zusammen. Es kommen also in diesem Versuche neben den directen Producten der Elektrolyse auch noch ganz bestimmte, durch die abgeschiedenen Jonen bedingte und deren Ausscheidung gleichsam anzeigende secundäre Producte und Erscheinungen in der Umgebung der Elektroden vor.

In unserem Versuche mit dem Entladungsstrome der Leydner Flasche fehlen diese Erscheinungen, wie wir sehen werden, zwar nicht ganz, sie sind aber auf ein wenig bemerkliches Minimum reducirt.

Dafür erhalten wir eine andere Erscheinung, welche der constante Strom am Blute nicht hervorruft, die oben beschriebene Aufhellung.

Durch den Beginn der Aufhellung an den Elektroden, und dadurch, dass dieselbe allmählich gegen die Mitte der Blutsäule fortschreitet, so dass die Veränderungen anfangs in beiden Hälften getrennt, endlich in allen Theilen der Blutsäule ganz die nämlichen sind, werden wir auf Bedingungen geführt, welche an beiden Elek-

---

[1]) Gilbert's Annalen, Bd. 39, p. 300, 1811.

[2]) Sitzung der Pariser Akademie, 12. März 1832. Froriep's Notizen, Bd. 33, p. 161.

[3]) Poggendorff's Annal. 1832 und Handbuch der Physiologie, I. Bd. 1835, p. 128 und ff.

troden gleich sind und von da gegen die Mitte beiderseits in ganz ähnlicher Weise variiren.

Also auf die in der Nähe der Elektroden herrschende grösste Dichte der stömenden Elektricität. Das successive Fortschreiten der Aufhellung gegen die Mitte der Blutsäule, welches mit den weiteren Schlägen einhergeht, müsste ferner daher rühren, dass die Wirkungen der auf einander folgenden Schläge sich addiren.

Wir wollen diese Voraussetzung dadurch prüfen, dass wir aus dem Blute selbst einen prismatischen Leiter von wechselndem Querschnitte bilden.

Ein Glasröhrchen wird an einer Stelle dünn ausgezogen und jederseits in einem bestimmten Abschnitt vom kleinsten Querschnitte rechtwinkelig gebogen, dann kleben wir es mit Siegellack auf ein Holzbrettchen Fig. 2 [1]).

In einiger Entfernung von den offenen verticalen Schenkeln *a* und *b* werden zwei Korke auf dem Brettchen befestigt, in diese können von oben her zwei Holzstifte *c* und *d* gesteckt werden, an welchen rechtwinkelig gebogene Kupferdräthe befestigt sind. Das Röhrchen wird mit Blut gefüllt, dann die Holzstifte auf die Korke gesteckt, so dass die Dräthe in die Mündungen des Röhrchens hinablaufen und eine Strecke weit in das Blut tauchen.

Die anderen Enden der Dräthe werden nun in die Klemmen des Schliessungsbogen aufgenommen. *S* sei gleich 20 Millim. Wird die Maschine in Thätigkeit gesetzt, so hellt sich schon nach dem ersten Schlage das Blut in der Mitte des engsten Theiles *m* der Röhre auf, mit jedem neuen Schlage schreitet die Aufhellung gegen die verticalen Schenkeln hin fort, während gleichzeitig aber in geringerer Ausdehnung von den Kupferelektroden die Aufhellung in den verticalen Schenkeln nach abwärts fortschreitet. Durch eine grössere Anzahl von Schlägen kann man die ganze Masse des Blutes durch-

---

[1]) Die Dimensionen des Röhrchens Fig. 2 waren: Horizontaler Theil 80 Millim. lang, verticale Schenkel 25 Millim. Durchmesser, an der Mündung der verticalen Schenkel gemessen 7·5 Millim., Dicke der Wand daselbst 1·5 Millim., Durchmesser des engsten Theiles bei *m* 2 Millim.

sichtig machen. Unsere Voraussetzung hat sich also bestätigt. Wir wollen aber gleich jetzt die Folge der Erscheinungen bei *m* einer eingehenderen Betrachtung unterwerfen. Wir lassen zu dem Ende in einem neuen Versuche vorerst eine einzige Entladung durch unser Röhrchen gehen.

Wir sehen den Funken durch die Luft springen, hören den Schlag und jetzt unmittelbar folgend, sehen wir in dem dünnsten Theil des Röhrchens das früher undurchsichtige Blut hell und durchsichtig werden, von diesem Punkte aus schreitet die Aufhellung auch ohne dass eine neue Entladung erfolgt, in einer kurzen aber messbaren Zeit nach beiden Seiten hin fort; bald tritt aber ein Stillstand ein, und der aufgehellte Theil setzt sich gegen den nicht aufgehellten beiderseits in einer krummen Fläche *ff* und *f' f''* ab, welche ihre Convexität gegen den hellen, ihre Concavität gegen den undurchsichtigen Theil der Blutmasse hinwendet. Die Enden des undurchsichtigen Theiles sind durchscheinend, und der durchscheinende Theil bildet den Uebergang zwischen den vollständig aufgehellten und den undurchsichtigen Partien. Dieser durchscheinende Theil ist es, welcher sich auf einen neuen Entladungsschlag zunächst aufhellt. Was wir früher über die Addition der Wirkungen der einzelnen Entladungsschläge gesagt haben, liegt hier offen vor Augen.

Wie gesagt, ein neuer Entladungsschlag bringt die Aufhellung weiter. Und zwar kann man 2—4—6 ja mehr Stunden zwischen beiden Schlägen verrinnen lassen. Ist einmal der früher beschriebene Stillstand nach der ersten Entladung eingetreten, so ändert sich nichts, so lange das Blut nicht verdirbt.

Der zweite Schlag macht die Aufhellung in ähnlicher Weise nach entgegengesetzter Richtung fortschreiten, wie sie zuerst in der Mitte aufgetreten war. Beim 3., 4. und *n* Schlage wiederholt sich dasselbe, nur hat man oft Gelegenheit noch zwei neue Aufhellungspunkte auftreten zu sehen, und zwar an den Winkeln des Röhrchens, wenn bei der Biegung daselbst eine Verengerung des Lumens entstanden ist. Endlich treffen die von 3 oder 5 Punkten (Mitte des Röhrchens-Elektroden-Winkeln) ausgegangenen Aufhellungen zusammen und die ganze Blutmasse hat die lackfarbenähnliche Durchsichtigkeit

angenommen. Man kann sich zu ähnlichen Versuchen, wie wir sie eben angestellt haben, auch noch anderer Röhrchen bedienen, z. B. eines wie es in Fig. 3 gezeichnet ist, und aus einer Reihe ungleich weiter Abschnitte besteht.

Natürlich wird sich damit der Gesammtwiderstand des Schliessungsbogens mannigfach ändern. Immer ist aber in dem engsten Theile des Röhrchens *m*, Fig. 3, die Aufhellung zuerst zu beobachten, dann hellt sich *n* auf, dann *o*, darauf *p*, dann *q*.

Nach den Erfahrungen, welche wir jetzt gemacht haben, ist es klar, dass die Aufhellung in unserem ursprünglichen Röhrchen nur desshalb von den Elektroden ausging, weil wir uns dünner Platindräthe als Elektroden bedienten.

Hätten wir breite Elektroden gewählt, solche, welche das Lumen des Röhrchens nahezu ausfüllen (Fig. 4), dann würde die ganze zwischen den Elektroden befindliche Blutmasse alle Veränderungen gleichmässig durchmachen.

Man kann sich leicht überzeugen, dass dies wirklich der Fall ist. Eine zwischen solche Elektroden aufgenommene Blutsäule durchläuft während einer Reihe von Entladungen in allen ihren Theilen von einem Ende bis zum andern alle Stadien vom Undurchsichtigen durch verschiedene Grade des Durchscheinens bis zur vollständigen Aufhellung und veranschaulicht uns so den bekannten Satz, dass die Wirkung des Entladungsstromes bei gleichem Querschnitt unabhängig von der Längenstrecke des Schliessungsbogens ist. Mit andern Worten, dass die Intensität [1]) des Stromes an allen Stellen des Schliessungsbogens dieselbe ist.

Wir brauchen aber nicht so breite Elektroden zu nehmen, wir können mit schmäleren ein ähnliches Resultat erzielen, wenn wir dafür sorgen, dass die Elektroden genau in die Axe der Blutsäule fallen, und wenn wir sie bis auf den Querschnitt mit Firniss überziehen. Dann erhalten wir im Röhrchen in einiger Entfernung von je einer Elektrode scharfe Grenzen, zwischen welchen eine Blutsäule einge-

---

[1]) Dieser Ausdruck wird hier immer in galvanischem Sinne gebraucht werden **Riess.** Die Lehre von der Reibungs-Elektricität. Bd. I, 454.

schlossen ist, die beim Elektrisiren für die Augen des Beobachters alle Veränderungen gleichmässig durchmacht.

Von diesen Grenzen aber erstreckt sich gegen den Querschnitt jeder Elektrode ein trichterförmiger Raum, der immer von einem Mantel nicht aufgehellten Blutes umgeben ist; dieser Trichter ist kürzer, wenn die Elektroden breiter, länger wenn sie schmäler genommen wurden.

Ich habe dieser Anordnung darum ausführlich erwähnt, weil wir uns noch oft solcher Elektroden bedienen werden.

III. Von den Widerständen, welche das Blut der Aufhellung durch den Entladungsstrom entgegensetzt.

Diese Widerstände sind erstens die Stromeswiderstände, insoferne von ihnen unter übrigens gleichen Verhältnissen die Menge der Elektricität abhängig ist, welche in der Zeiteinheit den Querschnitt passirt, zweitens eine eigene Art von Widerstand, welcher von den Blutkörperchen abhängig ist und welchen ich specifische Resistenz der Blutkörperchen nennen will.

Um die Berechtigung zu dieser Trennung nachzuweisen, müssen wir uns zunächst mit den Stromeswiderständen einzeln beschäftigen.

Durch Messung der Wärmewirkung des Stromes in den Schenkeln einer verzweigten Leitung ist Riess [1]) für Metalldräthe zu dem Satz gekommen, dass innerhalb gewisser Grenzen der Entladungsstrom sich theilt wie der galvanische Strom.

Trifft dieses Gesetz für unsere Versuche am Blut zu, dann können wir die Stromtheilung benützen, um uns im Einzelnen über die Widerstände zu belehren.

Ich machte mir aus zwei an einem Ende verlötheten Kupferdräthen gabelförmige Elektroden (Fig. 5); die eine Gabel e' trägt an ihren Enden gut zugefeilte Korke und kann damit in zwei gleich lange und gleich dicke Glasröhrchen [1]) eingepasst werden. Die zweite

---

[1]) L. c. Bd. I, p. 436—451.

[1]) Die Länge meiner Röhrchen betrug 59 Millim., der Durchmesser des Lumens 5.5 Millim., die angewendeten Dräthe hatten einen Durchmesser von 1.5—2 Millim.

Gabel e'' ist mit ihren Enden durch zwei Korke gesteckt, welche deckelartig auf die Glasröhrchen passen. Jeder dieser Korke ist in seiner Mitte von vorne nach hinten durchbohrt und dieser Bohrung entgegen läuft von unten her eine zweite, deren Durchmesser geringer ist, als der des Lumens des Glasröhrchens. Durch die Mitte dieser Bohrung läuft das vom oberen Korktheile engumschlossene Gabelende; der horizontale Theil der Gabelschenkel ist noch überdies durch eine zweite aufgeklebte Korkplatte befestigt, Korke und Dräthe sind mit Ausnahme der Querschnitte der Gabelenden und des Gabelstieles wohl gefirnisst. Die Abbildung zeigt einen verticalen Durchschnitt der ganzen Vorrichtung, welche mit Blut in beiden Schenkeln gleich hoch gefüllt, in die Klemmen der Maschine aufgenommen wird.

Die Maschine steht beim Versuch einem Fenster gerade gegenüber und der Beobachter hat die Glasröhrchen zwischen sich und dem Fenster, so dass er den Gang der Aufhellung im Blute Schritt für Schritt verfolgen kann. S wird gleich 20 Millim. gemacht, und die Maschine in Thätigkeit gesetzt. Es zeigte sich bei allen Versuchen und wäre die Mittheilung der Details desshalb überflüssig, dass die Veränderungen des Blutes in beiden Schenkeln genau in derselben Weise eintraten. Natürlich müssen die Röhrchen dabei mit demselben Blute gefüllt werden. So ergaben Menschen-, Schweine- und Kaninchenblut, jedes für sich untersucht, dasselbe Resultat.

Wenn ich nun das eine Röhrchen in einer neuen Versuchsreihe mit einem n-mal dünneren vertauschte, so hielten auch jetzt die beiden gleich langen Säulen von dem nämlichen Blut gleichen Schritt. Wir müssen daraus nach den im zweiten Abschnitt mitgetheilten Thatsachen den Schluss ziehen, dass die Stromdichte in beiden Schenkeln dieselbe ist, also

$$\frac{q}{q'} = \frac{J}{J'} = \frac{w'}{w} = n.$$

Macht man dagegen in einem dem früheren ganz ähnlichen Versuche die Blutsäulen gleich dick, aber die eine nur halb so lang, als die andere, so hellt sich die kürzere immer früher auf als die längere. Ich muss aber jetzt eine Beobachtung in Erinnerung

bringen, welche wir schon früher zu machen Gelegenheit hatten. Es wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die Veränderung des Blutes, welche einer einmaligen Flaschenentladung bei gegebener Schlagweite entspricht, nicht so rasch eintritt als der Schlag selbst vergeht, sondern dass die Veränderungen eine merkliche Zeit brauchen, um sich zu vollenden, dass dann ein neuer Schlag sie weiter bringt u. s. f.

Das dürfen wir für die Versuche nicht aus den Augen verlieren, bei denen es sich handelt, aus dem früher oder später eintretenden Hellwerden einer Blutsäule, einen Schluss zu ziehen auf den Widerstand, welcher in dem die Blutsäule enthaltenden Schenkel eines verzweigten Schliessungsbogens, im Vergleich zu einem anderen, eine zweite Blutsäule enthaltenden Schenkel herrscht.

Wir dürfen die Maschine nicht ununterbrochen drehen, wenn sie so kräftig wirkt, dass die Entladungen rasch auf einander folgen, und wenn die untersuchten Blutproben nicht überhaupt eine grosse Anzahl von Entladungen zu ihrer Aufhellung nöthig haben. Wir müssen vielmehr dafür sorgen, dass ein Intervall von mindestens 15 Minuten zwischen den einzelnen Entladungen liege, damit die jedem einzelnen Schlage entsprechende Wirkung für sich zur Beobachtung kommt. Ueberdies müssen wir die Schlagweite passend wählen.

Man denke sich z. B., dass in einem gegebenen Versuche das Blut in *A* schon durch eine Entladung hell würde, wenn man ruhig den Verlauf der Erscheinungen abwarten würde, während dies in *B* nicht der Fall ist, dass aber eine zweite Entladung auch das Blut in *B* vollkommen aufhellen würde. Dann würden zwei unmittelbar auf einander folgende Entladungsschläge für *A* zu viel, für *B* eben hinreichend sein. Da nun das Hellwerden des Blutes in beiden Röhrchen Zeit braucht, um sichtbar zu werden, so würden sowohl *A* als *B* in der Zeit nach der zweiten Entladung sich aufhellen und dem Beobachter könnte auf diese Weise eine Verschiedenheit in beiden Röhrchen entgehen, die factisch existirt. Man muss also die Wirkungen einzelner Entladungen nicht dadurch gleichsam über einander legen, dass man die Schläge unmittelbar sich folgen lässt. Verfährt man mit dieser Vorsicht, dann bemerkt man ausnahmslos, bei den Versuchen wie der zuletzt mitgetheilte, dass die kürzere Blutsäule

früher hell wird, als die längere, ob man nun die Längen im Verhältniss von 1 : 2, 1 : 4, 1 : 8 nimmt. Alle diese Versuche fügen sich aber dem oben angeführten Gesetze und das ist für uns sehr wichtig, weil es uns dann möglich wird über den specifischen Widerstand des Blutes etwas zu erfahren.

Es wurden zwei Gabelelektroden (Fig. 6) benützt, wie früher, aber zwischen die gegenüber liegenden Enden je einer Gabel wurde nicht ein Glasröhrchen aufgenommen, sondern deren zwei, die kürzer [1]) waren als das frühere und über einander lagen. In Verbindung wurden sie gesetzt durch passend zugerichtete Korke K und K'. Ein solcher Kork vereinigte gleichsam die zwei an den gegenüber liegenden Enden je einer Gabel angebrachten Korke in sich. Durch diesen Kork läuft ein Stück Kupferdrath, dessen oberes Ende in den Querschnitt des dünnen Korktheiles fällt, dessen unteres Ende durch den dickern Theil des Korkes in das untere Röhrchen läuft. In Fig. 6 ist wieder ein verticaler Durchschnitt der Vorrichtung gezeichnet, wie man sieht von der früheren dadurch verschieden, dass sie eine Theilung jeder Blutsäule in zwei Hälften gestattet. Die vier Röhrchen wurden mit Blut gefüllt, so dass zwischen den in der Axe liegenden Dräthen [2]) genau gleich lange Blutsäulen vorhanden waren. Nun die ganze Vorrichtung in die Klemmen des Schliessungsbogens gebracht. S=20 Millim. gemacht und die Maschine gedreht, dann hielt die Aufhellung in den vier Röhrchen, wie zu erwarten, gleichen Schritt.

Jetzt wurden mit immer neuen Blutproben, wie sich von selbst versteht, die in der nachfolgenden Tabelle enthaltenen Versuche angestellt.

Der Gedanke, von welchem ich dabei ausging, war einfach der, dem Blute in einem der vier Röhrchen eine Salzlösung zu substituiren, welche, wenn sie in die Strombahn eingeschaltet war, genau eben dieselbe Wirkung hätte, wie die ihr an Länge und Querschnitt gleiche Blutsäule, d. h. bei deren Anwesenheit im Schliessungsbogen die

---

[1]) Die Länge war 29 Millim., der Durchmesser im Lichten 5.5 Millim.

[2]) Der Abstand zweier gegenüber liegender Drathenden, also die Länge der zwischen ihnen enthaltenen Blutsäule betrug 17 Millim.

Veränderungen des Blutes in den drei anderen Röhrchen genau gleichen Schritt halten würden.

Um aber den Sinn der Methode von vorneherein an auffallenden Beispielen zu zeigen, habe ich auch ein paar extreme Fälle mit in die Tabelle aufgenommen. Endlich wird man auch das Blut mit Serum, und unverändertes mit schon elektrisirtem Blut verglichen finden.

Die den Versuchsnummern in der ersten Längsreihe beigesetzten römischen Zahlen, zeigen an, zu welchen Versuchen dasselbe Blut verwendet wurde. *A, B, C, D* bedeuten die Röhrchen und zwar in der Ordnung wie durch Fig. 6 angezeigt ist. Unter den Buchstaben der einzelnen Röhrchen ist angegeben, was sie beim Versuch enthielten. Wo einfach Lösung steht, ist eine gesättigte Lösung gemeint, ClNa 24 Grm. etc. heisst Steinsalzlösung, welche in 100 K. C. 24 Grm., 12 Grm. etc. enthält. *Sb* ist Schweineblut, *Kb* Kaninchenblut, *Mb* Menschenblut. Das Zeichen $<$ bedeutet: hellt sich früher auf, das Zeichen $>$ bedeutet: hellt sich später auf. Das Zeichen $=$ bedeutet, dass das Blut in den durch das Zeichen verbundenen Röhrchen sich gleichzeitig aufhellte. So heisst z. B. $B < C = D$. Das Blut in *B* hellte sich früher auf, als in *C* und *D*, welche gleichzeitig hell wurden.

Die Schlagweite ist für alle Versuche gleich 20 Millim. Die Anzahl der Schläge bei den einzelnen Versuchen ist nur dann bemerkt, wenn sie besonders hervorzuheben war, sonst gilt, was wir früher über die Pausen zwischen den einzelnen Schlägen sagten.

Wo die Temperatur (Temp.) angegeben ist, bedeutet dieses, dass Salzlösung und Blut an einem gleichmässig temperirten Orte vorher gestanden hatten und die Temperatur vor der Füllung des Apparates in den betreffenden Flüssigkeiten bestimmt wurde. Das benützte Blut war defibrinirt und wurde in den ersten 12 Stunden benützt, das Kaninchenblut schon in der ersten bis zweiten Stunde nach der Gewinnung. Nur das Menschenblut wurde erst, nachdem es 24 Stunden nach dem Aderlass kalt gestanden hatte, aus dem Kuchen gepresst. Ich erhielt es von meinem Bruder Dr. Emil Rollett aus Oppolzer's Klinik; das Blut, welches in der folgenden Tabelle als Menschenblut angeführt wird, stammte von einem Aderlasse bei einem Hämoptoiker, das in Tabelle II angeführte Menschenblut von einem Herzkranken.

Tabelle I.

Nr.	*A*	*B*	*C*	*D*	Temp. Grad C.	Anmerkungen
1I	Quecksilber	Sb <	Sb =	Sb	.	
2I	destillirtes Wasser	Sb	Sb =	Sb	.	Das Blut in *B* hellte sich auch nach einer grossen Anzahl von Schlägen nicht auf. Es wurden viele solche Versuche gemacht, immer mit demselben Resultat. Das Blut in *C* und *D* wurde nach 4 Schlägen gleichzeitig hell. *B* änderte sich nicht in Versuch (3) nach 24, in Versuch (4) nach 75 Schlägen.
3I	„ „	Sb	Sb =	Sb	.	
4II	Glaubersalzlösung	Sb <	Sb =	Sb	.	Schon nach dem 1. Schlage ist der Unterschied deutlich, *B* nach 2, *C* und *D* nach 4 Schlägen aufgehellt.
5II	Lösung von SO_3CuO	Sb <	Sb =	Sb	.	
6II	Steinsalzlösung	Sb <	Sb =	Sb		
7—10III	ClNa 24, 12, 6, 3 Grm.	Sb <	Sb =	Sb	.	
11III	ClNa 1 Grm.	Sb <	Sb =	Sb	.	
12III	ClNa $^1/_2$ „	Sb <	Sb =	Sb	8	Der specifische Widerstand des Blutes III muss also zwischen dem specifischen Widerstande einer $^1/_2$ Grm. und $^1/_4$ Grm. enthaltenden St insalzlösung liegen.
13III	ClNa $^1/_4$ „	Sb <	Sb =	Sb	8	
14IV	ClNa $^1/_2$ „	Sb >	Sb =	Sb	10	
15IV	ClNa $^1/_3$ „	Sb <	Sb =	Sb	10	Das spätere Hellwerden des Blutes in *B* war kaum merklich.
16IV	ClNa $^1/_4$ „	Sb >	Sb =	Sb	10	
17V	ClNa $^1/_2$ „	Sb >	Sb =	Sb	10	
18V	ClNa $^1/_3$ „	Sb =	Sb =	Sb	10	

Nr.	*A*	*B*	*C*	*D*	Temp. Grad C.	Anmerkuugen
19V	ClNa $^1/_4$ Grm.	Sb > Sb = Sb			10	
20VI	ClNa $^1/_2$ „	Sb < Sb = Sb			8	
21VI	ClNa $^1/_3$ „	Sb > $^{\text{ClNa}}_{^2/_3\text{Gm.}}$ > Sb			8	Der Unterschied zwischen dem Eintritt der Aufhellung in *B* und in *D* sehr deutlich.
22VI	ClNa $^1/_3$ „	Sb = Sb = Sb			8	
23VI	ClNa $^1/_4$ „	Sb > Sb = Sb			8	
24VII	ClNa $^1/_2$ „	Kb < Kb = Kb			9	*B* nach 3 Schlägen deutlich früher, ist nach 5 Schlägen hell, *C* und *D* erst nach 9 Schlägen.
25VII	ClNa $^1/_3$ „	Kb > Kb = Kb			9	
26VIII	ClNa $^1/_2$ „	Kb < Kb = Kb			11	
27VIII	ClNa $^1/_3$ „	Kb > Kb = Kb			11	*B* kaum merklich später.
28VIII	ClNa $^1/_4$ „	Kb > Kb = Kb			11	
29IX	ClNa $^1/_2$ „	Mb < Mb = Mb			10	
30IX	ClNa $^1/_3$ „	Mb > Mb = Mb			10	*B* kaum merklich später.
31IX	Serum	Mb = Mb = Mb			.	
32VII	„	Kb < Kb = Kb			.	*B* kaum merklich früher.
33VI	„	Sb < Sb = Sb			.	*B* deutlich früher.
34IX	Elektrisirtes Blut	Mb = Mb = Mb			.	
35VII	„ „	Sb < Sb = Sb			.	

Wir ersehen aus dieser Tabelle, dass der specifische Widerstand des Blutes liegt zwischen dem specifischen Widerstande von Steinsalzlösungen von $^1/_2$--$^1/_4$ Grm. in 100 K. C. oft mit dem specifischen Widerstand einer Lösung von $^1/_3$ Grm. in 100 K. C. nahe zusammenfallend, innerhalb dieser allerdings nur annähernd bestimmten Grenzen stehen das Menschen-, Schweine- und Kaninchenblut.

Ich hoffe nach einem abgeänderten Verfahren genauere Bestimmungen zu erhalten.

Concentrirte Salzlösungen leiten, wie wir sehen, besser als das Blut, steigen wir allmählich zu weniger concentrirten Salzlösungen herab, so kommen wir, aber schon bei ziemlich niederer Concentration auf eine Grenze, über welche hinaus die Salzlösung bei weiterer Verdünnung schlechter leitend wird, als das Blut. Destillirtes Wasser leitet sehr viel schlechter als Blut.

Aus den Versuchen, welche mit Serum und Blut und mit elektrisirtem und unverändertem Blute angestellt wurden, habe ich nur ein paar Beispiele hier angeführt. Nicht weil ich jetzt schon Folgerungen daraus zu ziehen wüsste, sondern nur um anzudeuten, dass man hier vor eine Reihe von Fragen geführt wird, welche genauere Untersuchungen verdienen.

Der Umstand, dass wir eine Steinsalzlösung von niedriger Concentration gefunden haben, deren Leitungsvermögen wir mit dem des Blutes vergleichen können, ermöglicht uns auch eine andere Reihe von Versuchen, in welchen gleichzeitig die Länge in dem einen, der specifische Widerstand in dem andern Schenkel unserer verzweigten Leitung im entgegengesetzten Sinne proportional geändert werden können.

Ich fand nun, dass Schweineblut, welches in seinem Widerstand mit dem einer $^1/_3$ Grm. Cl Na enthaltenden Steinsalzlösung übereinstimmte, folgendes ergab:

Sollten zwei gleich lange und gleich dicke Blutsäulen, etwa *B* und *D* aus unserem früheren Versuch, wenn die eine unterhalb einer Säule von Steinsalzlösung von $^2/_3$ Grm. in 100 K. C., die andere unterhalb einer Blutsäule von gleichem Querschnitte eingeschaltet war, sich gleichzeitig aufhellen, so musste die Blutsäule nahezu um die

Hälfte kürzer gemacht werden, als die Salzlösung. Aehnliches erhält man bei verschiedenen anderen Versuchsmodificationen. Ich kann aber nicht näher darauf eingehen, weil diese Versuche mit den genaueren Widerstandsbestimmungen, welche ich früher versprochen habe, in einem wesentlichen Zusammenhange stehen. Ich wende mich vielmehr einem andern Gegenstande zu, welcher einen sehr augenfälligen Beweis für die Richtigkeit der bisher ausgesprochenen Ansichten liefern soll.

IV. Ueber eine neue Art elektrischer Figuren: Stromvertheilungsfiguren im Blute.

Im zweiten und dritten Abschnitte sind wir fortwährend mit Erscheinungen beschäftigt gewesen, welche am Blute eintreten, wenn man es in der Form eines prismatischen Leiters in den Schliessungsbogen einer Leydner Flasche einschaltet, und wir haben behauptet, dass die Form und Folge der Erscheinungen uns die Vertheilung der Elektricität im Schliessungsbogen anzeige, und dass diese Vertheilung dieselbe sei, welche aus dem Ohm'schen Gesetze für den constanten Strom sich ergiebt.

Nun können wir dem in den Schliessungsbogen eingeschalteten Blute aber auch die Form eines nichtprismatischen Leiters geben. Knüpfen wir an unsere Versuche mit getheiltem Strome an. Man kann sich einen nicht prismatischen Leiter, wie auf Grund von Kirchhoff's [1]) und seinen eigenen Untersuchungen Smaasen [2]) gethan hat, durch ein System von unendlich vielen nahe neben einander liegenden Strömungscurven oder Flächen zerlegt denken, in eine Anzahl leitender Raumelemente, welche wie die Dräthe einer verzweigten Leitung neben einander liegen. Für jede solche Strombahn gilt, wenn wir sie uns aus Blut gebildet denken, offenbar das, was wir oben in Bezug auf das in einem Stromzweig eingeschaltete Blut in Erfahrung brachten, und wenn der Querschnitt der elementaren Strombahn ein wechselnder ist, das, was wir im zweiten Ab-

---

[1]) Poggendorff's Annal. Bd. 64, p. 497, und Bd. 67, p. 344.

[2]) Poggendorff's Annal. Bd. 69, p. 161, Bd. 72, p. 435.

schnitte mitgetheilt haben. Dort haben wir gesehen, dass die Aufhellung des Blutes successive durch eine Reihe von Entladungsschlägen bewirkt wird, dass nur in dem Falle schon auf einen einzigen Schlag dieser Erfolg eintritt, wenn jener mit grosser Stromesdichte einen Querschnitt der Blutbahn durchsetzt, dass die Aufhellung ferner, wenn die Stromdichte im Blute an verschiedenen Orten verschieden ist, immer zuerst dort auftritt, wo die Dichte am grössten ist, dass aber auch geringere Stromdichten einen Eindruck in den Blutkörperchen zurücklassen, welcher dieselben immer mehr und mehr geeignet macht, jene Veränderung vollständig zu erleiden, welche eine sehr grosse Stromdichte sogleich bewirkt. Mit anderen Worten, dass die Wirkungen der einzelnen Schläge sich addiren und daher die Aufhellung von einem Ort grösserer Stromdichte zu einem Ort geringerer Stromdichte allmählich fortschreitet.

Was wir also zu erwarten haben, wenn Blut in Gestalt eines nicht prismatischen Leiters in den Schliessungsbogen eingeschaltet wird und die Stromvertheilung entsprechend der Vorstellung von Smaasen erfolgt, ist nach den Rechnungen, welche Kirchhoff und Smaasen angestellt haben, klar.

Wir werden nach einander ein System von Curven oder Oberflächen gleicher Dichtigkeit bekommen, und zwar werden zuerst die Curven und Oberflächen grösster Dichtigkeit und allmählich folgend die von immer kleinerer Dichtigkeit sichtbar werden, dadurch, dass sich aufgehelltes Blut gegen nicht aufgehelltes in denselben abzetzt, und im Grunde genommen haben wir solche krumme Oberflächen schon öfter, namentlich aber bei unserem in der Mitte verengerten Röhrchen gesehen (Fig. 2 *ff' f' f''*), weil die Elektricität dort beim Uebergang von einer dickeren zu einer dünneren Stelle des Leiters sich nicht gleichmässig über jeden der wechselnden Querschnitte verbreitet hatte. Alles zusammengefasst, werden also in verschieden gestalteten nicht prismatischen Leitern aus Blut eine Anzahl von Figuren nach einander sichtbar werden, deren Gestalt von der Gestalt des Leiters und von der Anzahl der Entladungen abhängt.

Um diese Figuren zu demonstriren, bediene ich mich einer kleinen Vorrichtung. Sie ist in Fig. 7 abgebildet und besteht aus einem

Fussbrettchen. auf demselben stehen senkrecht zwei Holzsäulen *s s'*, welche einen unter 45 Grad gegen den Horizont geneigten Spiegel *a b c* tragen, auf das obere Ende der Säulen, welche einander gegenüber liegende Ausschnitte besitzen kann, mit Hilfe der Schrauben *o* und *p* das unten belederte Plättchen *m* herabgedrückt werden, zu dem Zwecke, um einen von vorneher in die Ausschnitte der Säulen eingeschobenen Glastrog festzuhalten. Solche Glaströge besitze ich in drei verschiedenen Formen. Sie bestehen aus einer objectträgerähnlich geschliffenen Glasplatte, auf diese sind von oben mittelst Glaskitt eine zweite durchgeschliffene oder mehrere passend zugeschliffene Glasstücke festgekittet, so dass der für die Aufnahme des Blutes bestimmte Theil der Glaströge die verschiedenen Formen des äussern Umrisses von Fig. 8, 10 und 11 hat. In diese oberen Gläser sind an ihrer untern Fläche Furchen zur Aufnahme von Kupferdräthen eingeschliffen, das äussere Ende dieser Dräthe ist geöhrt und sie werden mit den Gläsern zugleich passend eingekittet [1]).

Der kreisförmige Trog. Es wurden zwei verschiedene Formen benützt, in beiden liegen die Einströmungspunkte am Rande, bei dem einen in der Richtung des Durchmessers (Fig. 8), bei dem andern in der Richtung einer Sehne (Fig. 9). Der Durchmesser des Kreises ist 20 Millim. lang. Die Länge der betreffenden Sehne betrug 18.5 Millim. Beim Versuche wurde der Trog mit defibrinirtem frischen Blute gefüllt, so dass eine undurchsichtige Blutschichte den Boden bedeckte, und zwar wurde das Blut in die Mitte des Troges aus einem dünnen Glasröhrchen herabgelassen, so dass es sich gegen die Ränder hin ausbreitete, dann wurde, um die seitlichen Wandungen vollständig zu benetzen und das Blut in dem horizontal liegenden

---

[1]) Provisorisch kann man sich sehr leicht einen solchen Trog auf folgende Weise anfertigen. Man schneide aus Pappe einen Rahmen von der gewünschten Form des nichtprismatischen Leiters, setze nach Belieben die Dräthe ein, und klebe nun den Rahmen mit Schellak auf einen gewöhnlichen Objectträger. Jetzt wird noch überdies der ganze Rahmen gut mit Schellack überzogen und die Elektroden blank gelassen. Ein solcher Trog giebt, vorsichtig gearbeitet, ganz befriedigende Figuren. Die Zeichnungen (Fig. 9) sind in einem solchen, einfach construirten Troge dargestellt worden. Je geringer die Tiefe des Troges, desto rascher durchlaufen die Figuren ihre verschiedenen Phasen.

Trog möglichst gleichmässig auszubreiten, mit einem blanken Drath das Blut bis an den oberen Rand des Troges ausgestrichen. Die Oberfläche wurde so wegen der Adhäsion an den Glaswandungen etwas concav. Sie wurde absichtlich so gewählt, denn vollkommen eben lässt sie sich schwer herstellen, und man ist gegen geringe Schwankungen und Erschütterungen besser geschützt, als wenn der Trog voll angefüllt worden wäre.

Die Tiefe des Troges war der Dicke der obern Glasplatte, welche 3 Millim. betrug, gleich. Die Enden der als Elektroden benützten Dräthe sind dünner, so dass sie, wenn der Trog gefüllt ist, mit Blut etwas bedeckt sind.

Um die Figuren alle ihre Phasen bis zur vollständigen Aufhellung der ganzen Blutschichte durchlaufen zu lassen, braucht es bei der geringen Schlagweite, welche man für die angegebenen Dimensionen wählen muss, oft einiger Stunden [1]). Die Elektroden des Troges werden mittelst umsponnener Kupferdräthe mit den Klemmen des Schliessungsbogens verbunden. Die Schlagweite wurde 2.5 Millim. gemacht.

Wird die Maschine in Thätigkeit versetzt, so bemerkt man zuerst unmittelbar an den Elektroden ein auf einen kleinen Fleck beschränktes Durchscheinen und die durchscheinende Partie setzt sich in Form eines kleinen Halbmondes von dem undurchsichtigen Blute ab (Fig. 9 α'). Der erste Beginn der regelmässigen Zeichnung ist manchmal, namentlich an der negativen Elektrode, durch ein paar Gasblasen, welche sich dort in Folge der Elektrolyse entwickeln, etwas gestört. Diese erheben sich bald über die untergetauchte Elektrode und die Aufhellung breitet sich bei fortdauernder Thätigkeit der Maschine weiter von den Elektroden aus. Die früher durchscheinenden Partien werden durchsichtig und an den durchsichtigen Theil schliesst sich gegen die Mitte der Scheibe hin ein durchscheinender Rand, dessen Durchscheinen

---

[1]) Um die dünne Blutschichte vor dem Eintrocknen zu schützen, ist es gut, sich für jeden Trog einen entsprechenden Glasdeckel anzufertigen. Man schneidet aus Pappe einen Rahmen von der Form des Troges, dessen Lumen aber grösser ist, als das des Troges und klebt diesen Rahmen auf eine dünne Glasplatte.

allmählich gegen die Elektroden hin anwächst, bis er sich von dem vollständig aufgehellten Blut scharf absetzt (Fig. 8 α–β und Fig. 9 β′). Diese Uebergänge sind am besten im durchfallenden Lichte zu sehen, also, wenn man von oben her direct auf das Blut schaut und dieses von den am Spiegel reflectirten Strahlen durchleuchtet wird. Ich habe mich überzeugt, dass ein weisses Blatt Papier, welches man vielleicht dem Spiegel substituiren möchte, um das ganze beschriebene Stativ zu entbehren, lange nicht so gut wirkt, und der Deutlichkeit des Phänomens dadurch ein wesentlicher Abbruch geschieht.

Nun durchlaufen beim weiteren Drehen der Maschine die Stromvertheilungs-Figuren ihre verschiedenen Phasen. Immer anders gestaltete Curven und davon begrenzte Figuren werden sichtbar (Fig. 8 γ, δ, Fig. 9 γ′ δ′ ε′), in welchem sich undurchsichtige, in verschiedenem Grade durchscheinende und vollkommen aufgehellte Partien der Blutschichte gegen einander absetzen.

Ich verzichte auf eine weitere Beschreibung, und verweise dafür auf die beigegebenen Abbildungen, welche nach mit dem Zirkel abgenommenen Massen angefertigt wurden, sie geben aber nur wenige aus der ganzen Reihe der Stromvertheilungs-Figuren herausgegriffene Zeichnungen wieder.

Man muss sich zwischen jeder mit einem späteren Buchstaben des Alphabets bezeichneten Figur und der mit dem vorausgehenden Buchstaben bezeichneten, eine Reihe von mannigfach wechselnden Zwischenstufen vorstellen.

Ein allgemeines Schema der Strömungscurven in diesen Fällen, der von jenen abgeschnittenen partiellen Strombahnen mit ihrem wechselnden Querschnitten und der partiellen Ströme mit ihren verschiedenen Stromstärken, kann man sich nach der von Kirchhoff, für die Curven gleicher Spannung aufgestellten Gleichung $\frac{r_2}{r_1} = const.$ leicht construiren. Die letzteren, auf welchen die Strömungscurven senkrecht stehen, sind darnach bekanntlich Kreise, beschrieben um die Entfernung zweier Punkte als Durchmesser, welche harmonisch liegen zu den Einströmungspunkten, da r_1 und r_2 die Entfernungen von den Einströmungspunkten bedeuten.

Man wird zugeben, dass sich unsere Figuren im Allgemeinen diesem Vertheilungsschema anschliessen. Besonders wenn man die Figuren 8 und 9 mit einander vergleicht.

Wir müssen uns aber vorläufig mit dieser durch unser früheres Raisonnement und die Anschauung ziemlich offenkundig dargelegten Uebereinstimmung begnügen.

Durch messende Versuche das Resultat des Experimentes mit der Rechnung zu vergleichen, wozu man für die Durchschnittspunkte der Dichtigkeitscurven mit den Spannungs- oder Strömungscurven in den Kirchhoff'schen Formeln für die Letzteren Anhaltspunkte genug fände, scheitert vorerst bei den Dimensionen, in welchen wir uns bewegen mussten, noch an experimentalen Schwierigkeiten.

So wie in dem kreisförmigen Trog habe ich auch in den zwei anderen die Curven gleicher Dichtigkeit blossgelegt und dadurch eine neue Reihe von Stromvertheilungs-Figuren erhalten, welche im Ganzen wieder den Vorstellungen entsprechen, die man sich von der Stromvertheilung in so gestalteten Leitern macht, indem man annimmt, dass die Curven gleicher Spannung sich den metallischen Elektroden anschliessen, die Grenzen des Leiters aber senkrecht schneiden, während die Strömungscurven, welche die Partialströme mit ihren wechselnden Querschnitten abgrenzen, sich den Grenzen des Leiters anschliessen, aber auf den ersteren senkrecht stehen.

Der Trog von der zweiten Form Fig. 10 giebt uns gleichsam einen Durchschnitt des horizontalen Theiles unseres verengerten Röhrchens Fig. 2. Die kurze Seite ist gleich 17.5 Millim., der Radius der längeren Seite beträgt 37 Millim. Die Tiefe des Troges ist dieselbe wie bei dem kreisförmigen.

Sonst wird wie dort verfahren. Die Schlagweite kann grösser, 5 Millim. gemacht werden.

Die Figuren 10 α'', β'', γ'', δ'' sind wieder nur einige aus der ganzen Reihe derselben ausgewählte, sowie in den früheren Figuren, bedeutet der dunkelste Ton unaufgehelltes Blut, weiss vollkommen erhelltes, die Mitteltöne zeigen verschiedene Grade des Durchscheinens an.

Der Trog von der dritten Form Fig. 11 ist aus drei über einander liegenden Glasplatten gebildet. Die unterste Platte hält hier die Dräthe, auf der obern Fläche der zweiten befindet sich das Blut, die Einströmungspunkte liegen hier nicht am Rande, sondern die Dräthe durchbohren die zweite Platte und kommen auf der obern Fläche derselben in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise zum Vorschein. Auf dieser zweiten Platte liegt ein, die Seitenwände des Troges bildender und die Form der Blutschichte bedingender rechteckiger Rahmen.

Die kurze Seite des Rechteckes beträgt 15 Millim., die lange Seite 39 Millim.

Die Schlagweite beträgt 2.5 Millim., die erhaltenen Figuren sollen wieder durch die für die Abbildung ausgewählten Beispiele Fig. 11α''', β''', γ''' repräsentirt sein.

Man darf die Schlagweiten für diese Versuche nicht viel grösser wählen, als hier angegeben wurde, sonst wird das Blut umher geschleudert, dabei bemerkte ich oft unregelmässige Figuren in der Blutschichte entstehen, oder es wird eine früher regelmässige Figur plötzlich verzerrt, wenn man während des Versuches die Schlagweite plötzlich ändert. Ich führe das ausdrücklich an, um noch einmal hervorzuheben, dass man sich immer innerhalb gewisser Grenzen halten müsse, wenn der Entladungsstrom jene gesetzmässigen Veränderungen am Blute hervorbringen soll, mit welchen wir uns im früheren beschäftigt haben.

Was darüber hinaus geschieht, eine genaue Bestimmung der Grenzen und ihrer Abhängigkeit von der Menge und Dichte der statischen Elektricität in der Batterie und dem Gesammtwiderstande des Schliessungsbogens muss späteren Untersuchungen aufbehalten bleiben.

Unsere zuletzt angeführten Versuche dienen, wie man sieht, unseren früheren Angaben zur Bestätigung, zugleich haben wir aber dadurch ein Mittel kennen gelernt, die Stromvertheilung in nicht prismatischen Leitern auf eine einfache Weise durch Darstellung der Curven gleicher Dichtigkeit zu veranschaulichen, indem wir den Entladungsstrom, der sich in den angeführten Versuchen gerade so

vertheilt, wie der galvanische seinen Durchgang durch den nicht-prismatischen Leiter mittelst dieser Curven selbst aufzeichnen lassen.

Es ist mir nicht bekannt, dass die Physik bisher im Besitze eines Mittels gewesen, welches Aehnliches leisten würde, wie das Blut.

Nur die auf dem elektrolytischen Gesetze beruhenden Nobili'schen Farbenringe wären hieher zu rechnen, du Bois [1]) und Riemann [2]) haben dieselben mathematisch behandelt, und man weiss, dass sie concentrisch in einander liegenden Ringen von gleicher, aber von den innern Ringen gegen die äussern hin abnehmender Dichtigkeit entsprechen. Allein dieses elektrolytische Verfahren ist, weil an die Gestalt der Elektroden geknüpft, nur einer beschränkten Anwendung fähig.

Wir können unsern Versuch in viel weiteren Grenzen variiren.

V. Ueber die specifische Resistenz der Blutkörperchen.

Ein Widerstand ganz anderer Natur als die Stromeswiderstände, welche wir in dem früheren betrachtet haben, wird der elektrischen Aufhellung des *Blutes* noch von den Blutkörperchen entgegengesetzt.

Man überzeugt sich davon mit derselben Vorrichtung, welche uns früher zum Vergleiche des Blutes mit anderen Leitern diente.

Die Versuche sind jenen sehr ähnlich, ich werde sie in einer ähnlichen Tabelle zusammenstellen, muss aber vorerst den Sinn dieser Versuche an einem Beispiele erläutern.

Wir werden in die vier Röhrchen immer gleich lange und gleich dicke Flüssigkeitssäulen aufnehmen. Wenn nun die beiden unteren Röhrchen *B* und *D* (Fig. 6) Proben von ein und demselben Blut enthalten, so werden sie sich gleichzeitig aufhellen, wenn in *A* und *C* gleich gut leitende Flüssigkeiten enthalten sind. So ist es wenn alle vier Röhrchen dasselbe Blut enthalten. Es wäre nicht der Fall wenn *A* eine concentrirte Salzlösung enthielte, dann würde sich *B* früher aufhellen.

---

[1]) Poggendorff's Annal. Bd. 71, p. 71.
[2]) Poggendorff's Annal. Bd. 95, p. 130.

Denken wir uns aber nun *A* mit Blut vom Menschen gefüllt, *B, C, D* mit Schweineblut und denken wir uns, wir würden beim Durchgang einer Anzahl von Entladungsschlägen beobachten, dass *A* sich zuerst aufhellte, etwa nach vier Entladungen, während *B, C, D* später erst nach 8 Schlägen, aber vollkommen gleichen Schritt haltend, sich aufhellen würden.

Offenbar müssten wir nach unseren früheren Erfahrungen sagen, dass das Menschenblut und Schweineblut, welches zu dem letzteren Versuch diente, in Bezug auf ihr Leitungsvermögen sich nicht wesentlich von einander unterscheiden, sonst hätten sich nicht *B* und *D* gleichzeitig aufhellen können.

Dass diese zwei Proben desselben Blutes sich gleichzeitig aufhellen, zeigt uns eben an, dass unsere beiden Zweigströme nahezu dieselbe Intensität besitzen. Nun reichen aber vier Schläge von dieser Intensität hin, um das Menschenblut in unserem Schliessungsbogen aufzuhellen, während wir acht Schläge von derselben Intensität brauchen, um das im Schliessungsbogen befindliche Schweineblut aufzuhellen.

Die Blutkörperchen, auf deren Veränderung die Aufhellung des Blutes beruht, unterliegen also im Menschenblut schon einer geringeren Zahl von Entladungsschlägen, als im Schweineblut. Die specifische Resistenz der Blutkörperchen des untersuchten Menschenblutes ist geringer als die der untersuchten Schweineblutkörperchen.

Die folgende Tabelle enthält nun hieher gehörende Versuche. Sie ist ähnlich eingerichtet wie die frühere, die Zeichen haben dieselbe Bedeutung. Wo die Abkürzungen zu Missverständnissen Veranlassung geben könnten, habe ich es vorgezogen, den Gang der Erscheinungen unter den Anmerkungen mit Worten zu beschreiben. Die Schlagweite betrug bei allen Versuchen 20 Millim. Es muss hier wieder zwischen den einzelnen Schlägen zugewartet werden.

Tabelle II.

Nr.	*A*		*B*		*C*		*D*	Anmerkungen
1	Mb	<	Kb	=	Kb	=	Kb	Sind Gegenversuche. *B*, *C*, *D* halten im Versuch 2 gleichen Schritt und brauchen 6 Schläge zur vollständigen Aufhellung. *A* braucht dazu 12 Schläge.
2	Kb	>	Mb	=	Mb	=	Mb	
3	Kb		Sb		Sb		Sb	*B* hellt sich zuerst auf, dann *C* und *D* gleichzeitig, *A* zuletzt, der Unterschied zwischen *B* und *C*. *D* schon nach 2 Schlägen merklich.
4	Mb	<	Sb	=	Sb	=	Sb	
5	Mb		Sb		Kb		Sb	*A* zuerst, dann *B* und *D* gleichzeitig, *C* hellt sich zuletzt auf.
6	Sb		Kb		Kb		Kb	*A* zuerst, dann *B* und *D* gleichzeitig, *B* ein Geringes später.
7	1 Vol. Sb 1 Vol. Glaubersalz		Sb		Sb		Sb	*B* hellt sich zuerst auf nach 2 Schlägen, *C* und *D* kommen gleichzeitig nach dem 4. Schlag, *A* hellt sich auch nach 20 Schlägen nicht auf.
8	1 Vol. Sb 1 Vol. Steinsalzlösung		Sb		Sb		Sb	Bei allen diesen Proben ist der Gang der Erscheinungen ähnlich wie in 7. *A* hellt sich auch nach einer grossen Anzahl von Schlägen nicht auf. *B* kommt zuerst, *C* und *D* hellen sich später gleichzeitig auf.
9–13	2, 3, 4, 5, 6 Vol. Sb 1 Vol. Steinsalzlösung		Sb		Sb		Sb	

Nr.	*A*	*B*	*C*	*D*	Anmerkungen
14	1 Vol. Sb 2 Vol. ClNa 1 Grm.	1 Vol. Sb 2 Vol. Serum	1 Vol. Sb 2 Vol. Serum	1 Vol. Sb 2 Vol. Serum	*B* zuerst nach 4 Schlägen, *C* und *D* etwas später und gleichzeitig, *A* hellt sich ebenfalls, aber erst nach 9 Schlägen auf.
15	1 Vol. Sb 2 Vol. Serum	1 Vol. Sb 2 Vol. ClNa 1 Grm.	1 Vol. Sb 2 Vol. ClNa 1 Grm.	1 Vol. Sb 2 Vol. ClNa 1 Grm.	Ist der Gegenversuch des früheren. *C* und *D* zuerst und gleichzeitig, etwas später *A*, zuletzt *B*.
16	1 Vol. Kb 2 Vol. ClNa 3 Grm.	1 Vol. Kb 2 Vol. Serum	1 Vol. Kb 2 Vol. ClNa 3 Grm.	1 Vol. Kb 2 Vol. ClNa 3 Grm.	14 Schläge hellen *B* auf, A, *C*, *D* werden auch nach 42 Schlägen nicht verändert. Die Anzahl der Schläge für *B* ist offenbar desswegen so gross, weil *C* und *D* eine gut leitende Nebenschliessung zu A und *B* (Blut) bilden.
17	1 Vol. Kb 2 Vol. ClNa 1 Grm.	1 Vol. Kb 2 Vol. Serum	1 Vol. Kb 2 Vol. ClNa 1 Grm.	1 Vol. Kb 2 Vol. ClNa 1 Grm.	Sind Gegenversuche. Im Versuch 17 werden *C* und *D* auf 9 Schläge hell, *B* auf 12 Schläge, *A* auf 16.
18	1 Vol. Kb 2 Vol. ClNa 1 Grm.	1 Vol. Kb 2 Vol. Serum	1 Vol. Kb 2 Vol. Serum	1 Vol. Kb 2 Vol. Serum	Im Versuch 18 kommt zuerst *B*, dann *C* und *D* gleichzeitig, zuletzt *A*.

Wir ersehen aus den mitgetheilten Versuchen, dass die Blutkörperchen des untersuchten Menschenblutes eine geringere Resistenz haben, als die Blutkörperchen des damit verglichenen Kaninchen- und Schweineblutes. Aus Versuch 3 ergiebt sich, dass die zwei ihrer Natur nach verschiedenen Widerstände der elektrischen Aufhellung des Blutes in zwei verschiedenen Blutarten im entgegengesetzten Sinne verschieden sein können, die specifische Resistenz der Kaninchenblutkörperchen ist dort grösser als die der untersuchten Schweineblutkörperchen, das Kaninchenblut ist aber etwas besser leitend.

In Versuch 5 ordnen sich die Blutkörperchen der verglichenen Proben nach ihrer specifischen Resistenz so, dass die vom Menschen die kleinste, die vom Schweine eine grössere, die vom Kaninchen die grösste Resistenz haben.

Zumischung von einigermassen concentrirten Salzlösungen macht das Blut besser leitend, dennoch tritt auf den Entladungsstrom keine Aufhellung mehr ein, offenbar weil die Blutkörperchen durch den Zusatz der Salzlösung der Fähigkeit beraubt wurden, jene Reihe von Veränderungen einzugehen, welche der Entladungsstrom sonst an ihnen hervorbringt. Sie werden unempfindlich gegen den Entladungsstrom.

Niedrig concentrirte Salzlösungen machen die Blutkörperchen nicht ganz unveränderlich, sie vergrössern aber die specifische Resistenz derselben.

Die Verdünnung des Blutes mit Serum in den zuletzt aufgeführten Versuchen geschah, um die Vergleichung mit dem in demselben Masse mit Salzlösung verdünnten Blute besser anstellen zu können. Bemerkenswerth ist, dass das mit Salzlösung versetzte Blut auch noch im durchsichtigen Zustande durch die eigenthümlich ziegelrothe Färbung, wie sie der Salzwirkung entspricht, etwas verschieden war, von dem durch Serum verdünnten und dann aufgehellten Blute.

Noch ganz besonders hervorheben will ich die Versuche 14, 15, 17 und 18, weil sie auf das Schlagendste veranschaulichen, dass wir uns die Widerstände, welche das Blut der elektrischen Aufhellung entgegensetzt, mit Recht als die Summe zweier ihrer Bedeutung nach

verschiedener Widerstände vorgestellt haben, als die Summe der Stromeswiderstände und der specifischen Resistenz der Blutkörperchen. Die Stromeswiderstände werden durch die Zumischung der besser leitenden Salzlösung vermindert, darum geht z. B. im Versuche 17 durch den Schenkel *C D* der verzweigten Strombahn ein Strom von grösserer Intensität als durch den Schenkel *A B*, in welchem sich eine schlechter leitende Blutsäule *B* befindet, das Blut in *C* und *D* hellt sich darum früher auf, in dem anderen Schenkel kommt aber bei der gegebenen Stromesintensität die Aufhellung in *B* früher als in *A*, weil das letztere Röhrchen Blutkörperchen enthält, welche durch Zusatz von Salzlösung specifisch resistenter gemacht wurden.

Dasselbe lehren die übrigen Versuche.

Ich will nicht dass man die Resultate der in der Tabelle angeführten Versuche, bei der noch geringen Zahl der letzteren, schlechterdings verallgemeinern soll, es kam uns hier nur darauf an, zu zeigen, wie wir zur Aufstellung und Trennung der Stromeswiderstände des Blutes und der specifischen Resistenz der Blutkörperchen durch unsere Versuche selbst geführt wurden.

Gerade die eben mitgetheilten Versuche werden mir den Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen geben.

Es ist leicht ersichtlich, welches theoretische Interesse sich daran knüpft.

Bei der grossen Abstufung, deren die Stromdichte des Entladungsstromes fähig ist und bei der Regelmässigkeit, mit welcher die Blutkörperchen darauf reagiren, müssen wir von vergleichenden Versuchen, die ähnlich den früheren angestellt wurden, Aufschlüsse über innere Verschiedenheiten der Blutkörperchen erwarten, die wir durch kein anderes Mittel aufzudecken im Stande sind.

Vielleicht kommen wir auf diesem Wege zur Beantwortung der Frage, ob etwa eine besondere Molecularstructur, oder welche Eigenschaft sonst die Blutkörperchen befähigt auf den Entladungsschlag in einer solch' bestimmten Weise zu reagiren.

Die Untersuchungen über den Einfluss des Alters der Blutkörperchen auf ihre specifische Resistenz haben bis jetzt in dem Röhrchenapparat zu keinem constanten Resultate geführt, weil das

Blut beim längeren Stehen sehr dunkel roth, fast schwarz wird, und dann mit hellrothem frischem Blute schwer zu vergleichen ist. Weniges hieher gehörige werde ich noch später anführen.

Auch der Einfluss der Temperatur auf die specifische Resistenz der Blutkörperchen hat mich beschäftigt; daran knüpft sich ein besonderes Interesse, weil man daraus erfahren wird, in welcher Beziehung die Wärmewirkungen des Stromes zu unserer Erscheinung stehen.

Vorläufig will ich hier nur die Bemerkung anführen, dass durch die Einwirkung höherer Temperaturen am Blute keine der beschriebenen elektrischen Aufhellung ähnliche Erscheinung erzielt werden kann. Natürlich konnte es sich hier nur um Temperaturgrade handeln, welche unter der Gerinnungstemperatur des Eiweisses liegen.

VI. Mikroskopische Beobachtungen.

Man kann die Blutkörperchen, während sie durch den Entladungsstrom verändert werden, direct beobachten.

Ich bringe an dem Tisch des Mikroskopes die Vorrichtungen an, deren man sich gewöhnlich bedient, um die Muskelfasern oder kleine Thiere oder Zellen mit Inductionsschlägen zu reizen. Die Zuleitungsdräthe des Tisches werden in die Klemmen der Maschine aufgenommen. Das Blut auf den mit Stanniol belegten Objectträger gebracht und mit einem Deckgläschen bedeckt. Die Schlagweite muss bei diesen Versuchen sehr klein, höchstens 1 Millim. gross, genommen werden. Wenn die Maschine in Thätigkeit gesetzt wird, bemerkt man immer, wenn der Funken überspringt, eine kleine Erschütterung im Sehfelde. Man sieht ferner bei allen Versuchen, wenn man mit freiem Auge auf den Objectträger hinsieht, in der zwischen die Elektroden von der neben gezeichneten Form $> <$ aufgenommenen Blutschichte eine Stromvertheilungs-Figur.

Anfangs stellt man also am besten auf eine der einen von den Elektroden nahe gelegenen Stelle ein, später verschiebt man den Objectträger beliebig auf dem Tische.

Um die Blutkörperchen einzeln zu beobachten, ist es am besten, das Blut erst mit Serum zu verdünnen. Wo man dieses Vortheiles

entbehren muss, also wenn man einen Tropfen des eigenen Blutes, welchen man aus einem Nadelstich in die Haut genommen, sogleich untersuchen will, oder wenn man frisches nicht defibrinirtes Blut vom Frosch oder anderen Thieren ganz unverändert beobachten will, muss der Blutstropfen in eine möglichst dünne Schichte ausgebreitet werden.

Ich will nun zuerst die Erscheinungen beschreiben, welche man am Froschblut beobachten kann. Dass dieses Blut durch den Entladungsstrom in ganz ähnlicher Weise verändert wird, wie Menschen-, Schweine- und Kaninchenblut, habe ich in meiner ersten Abhandlung schon ausführlich angegeben, zu den in den früheren Abschnitten beschriebenen Versuchen wurde es nicht benützt, weil es nie vollständig durchsichtig, sondern nur durchscheinend wird, und zwar desswegen, weil die Kerne der Blutkörperchen immer verhältnissmässig wenig verändert zurückbleiben. Auch bei der mikroskopischen Untersuchung muss man die Schläge langsam auf einander folgen lassen.

Man sieht nun, dass eine merkbare Zeit, nachdem der Funken übersprang, das Blutkörperchen anfängt etwas fleckig zu werden. Oft bringt ein einziger Schlag keine weitere Veränderung hervor. Und während ein Blutkörperchen nahe an der einen oder andern Elektrode diese Veränderung erlitten hat, ist an einer andern Stelle des Tropfens noch keine Veränderung eingetreten, wie dies unseren Versuchen im Grossen entspricht.

Das Fleckigwerden der Blutkörperchen besteht darin, dass einzelne Partien eines Blutkörperchens ein intensiveres Grün zeigen und durch weniger intensiv gefärbte Streifen begrenzt werden, oft fehlt es, dann erscheint aber das ganze Blutkörperchen wie mit einem stärker grünem Ton gefärbt als zuvor. Das beschriebene Bild ist ein vorübergehendes, der Beginn einer Reihe von Gestaltveränderungen. Sieht man Blutkörperchen zu dieser Zeit von der schmalen Seite, so bemerkt man, dass die Contouren dieser Seitenansicht wellig verlaufen.

Es entspricht dieses localen Verdickungen der Blutscheibe in der Richtung senkrecht auf die Flächen der Scheibe. Die Verdickungen nehmen an Ausdehnung zu, wenn man nun fortfährt zu elektrisiren.

Sie senken sich aber alle am Rande des Kernes gegen diesen hinein, so dass oft die Flächenansicht des Blutkörperchens eine vom Kerne beginnende radienartige Streifung zeigt, diese rührt von den Furchen zwischen jenen Verdickungen her.

Der Contour des Kernes ist, wenn ein Blutkörperchen so verändert wurde, meist nicht so deutlich, wie am frischen Blutkörperchen und es gewinnt manchmal den Anschein, als ob die radienartigen Streifen des Blutkörperchens directe Fortsätze des Kernes wären. Bald ändert sich auch dieses Bild, die Verdickung der Blutscheibe wird mehr gleichmässig, der Contour des Kernes wird wieder deutlich, die Oberfläche des Blutkörperchens glättet sich wieder, sehr häufig geschieht dies zuerst mit dem Theile des Blutkörperchens, welcher durch zwei zu den Polen des länglichen Kernes gelegten Tangenten von demselben abgeschnitten gedacht werden kann, dann sieht das Blutkörperchen von der Seite dumbbellähnlich aus. Diese Formen haben darum ein besonderes Interesse, weil man, wenn das Deckgläschen jetzt von oben her mit einer Nadel auf den Objectträger niedergedrückt und plötzlich wieder losgelassen wird, sehr häufig sehen kann, wie sich die zwei verdickten Enden des Blutkörperchens beim Fortschwimmen um den Kern, den schmalen mittleren Theil des Dumbbells herumbiegen, ja ich habe öfter beobachtet, dass während dieser Bewegung eines von jenen Enden vom Blutkörperchen dort, wo es an den Kern grenzte, abbrach und sich auf einen rundlichen Tropfen zusammenzog, während der Kern mit dem andern Ende weiter schwamm. Man muss vorsichtig und oft untersuchen, dann wird es nicht schwierig, solche Formen der Veränderung zu beobachten. Andere Blutkörperchen sieht man walzenförmig werden und an zwei entgegengesetzten Seiten nabelartig eingezogen. Diese Einziehungen sind gegen den Kern gerichtet, sie glätten sich oft sehr rasch aus und es hat den Anschein, als ob die Wände jenes Trichters, der früher von der Oberfläche zum Kern hinging, dabei in einander flössen, dann ist das Blutkörperchen kugelig geworden und besitzt nun eine vollkommen glatte Oberfläche; in diesem Stadium hat es meist schon ein wenig tingirtes Aussehen, endlich wird es immer blässer und undeutlicher.

Die Gestalt blasser Kugeln oder eiförmiger Körper von grösserem oder kleinerem Durchmesser nehmen alle Blutkörperchen schliesslich an, und diese allen gemeinschaftliche schliessliche Veränderung stellt sich an vielen Blutkörperchen oft so rasch her, dass keines der oben beschriebenen Zwischenstadien zur Beobachtung kommt.

An Menschen-, Schweine- und Kaninchenblutkörperchen sieht man in der Regel nichts anderes, als dass sie unter dem Einflusse der Entladungsschläge kugelig werden, dass die Intensität der Färbung allmählich abnimmt, ohne dass sie dabei an Grösse wesentlich einbüssen würden, so wie aber einmal das Blutkörperchen vollständig verblasst ist, verkleinert es sich immer mehr, bleibt eine Weile noch als ein schwach lichtbrechendes Körperchen sichtbar, bis es sich endlich dem Blicke entzieht. Auch hier kann man die Uebergänge leicht studiren, man braucht nur auf eine der Curven gleicher Dichtigkeit, die hier ebenfalls mit freiem Auge deutlich zu sehen sind, das Mikroskop einzustellen und dann den Objectträger langsam zu verschieben.

Erwähnung verdient noch, dass wenn die Blutkörperchen vor dem Elektrisiren die bekannte sternförmige Verschrumpfung erlitten hatten, die erste Veränderung auf den Entladungsschlag darin besteht, dass sie sich wieder glätten.

Alles zusammengefasst, bewirkt also der Entladungsschlag an den Blutkörperchen eine Reihe von Gestaltveränderungen, welche bald eine grössere, bald eine geringere Anzahl von verschiedenen Phasen, bald in längerer, bald in kürzerer Zeit durchlaufen, um endlich für alle Blutkörperchen zu einem ganz ähnlichen Schlusse zu gelangen. Ueber diese endliche Veränderung habe ich schon in meiner früheren Abhandlung im Zusammenhange mit weiteren dort vorgetragenen Beobachtungen das Nöthige angeführt. Auf die Controverse über die Giltigkeit oder Ungiltigkeit des Zellenschema's für die rothen Blutkörperchen will ich hier nicht eingehen. So viel steht fest, dass wir es nirgends mit unseren Beobachtungen vereinbar finden; andererseits müssen wir aber noch sehr viele Erfahrungen einsammeln, um ein allgemeines Schema für die merkwürdigen Structurverhältnisse

der Blutkörperchen zu gewinnen, wenn dies überhaupt einmal gelingen wird [1]).

Zu den angeführten Versuchen habe ich ganz frisches eben aus dem lebenden Organismus entferntes Blut verwendet, ferner defibrinirtes Blut sofort nach der Entfernung des Fibrins, oder nachdem es ein oder mehrere Stunden kalt gestanden hatte, aber auch Blut, welches 14 Tage oder 1, 2—3 Monate und länger im bedeckten Glase kalt gestanden hatte. Das letztere hatte schon an und für sich einen Theil der Blutkörperchen durch Fäulniss verloren oder die Blutkörperchen desselben erschienen unter dem Mikroskop, wie blasse Kugeln, während das Serum durch ausgetretenen Farbestoff roth tingirt erschien.

Auch die Blutkörperchen dieser alten Blutproben vom Frosche, Kaninchen, Schweine und Menschen wurden durch elektrische Schläge noch verändert, und mit freiem Auge sah man auf dem Objectträger noch Stromvertheilungsfiguren entstehen.

Dass alle diese Versuche nur angestellt werden können, so lange das faulende Blut nicht vollständig homogen geworden ist, was schliesslich eintritt, versteht sich von selbst.

Auch die Blutproben, welche in wechselnder Menge mit Salzlösungen vermischt, zu den in der Tabelle II aufgeführten Versuchen benützte, habe ich mikroskopisch untersucht.

Es zeigte sich, dass die Blutkörperchen, welche die bekannte unregelmässige Verschrumpfung durch die Salzlösung erlitten hatten auch durch eine grosse Reihe von Entladungsschlägen sich nicht veränderten. Mit Salzlösung versetztes Blut, welches im Röhrchen noch durchsichtig wurde, ergab auch unter dem Mikroskope eine ähnliche Veränderung der Blutkörperchen, wie das frische Blut.

VII. Wirkung des constanten Stromes (Elektrolyse).

Der constante Strom wirkt auf das Blut in einer ganz andern Weise als der Entladungsstrom. Ich habe zum Vergleiche durch die

---

[1]) Ich werde nächstens auf eine Reihe neu gewonnener Thatsachen in Bezug auf die successiven Veränderungen der Blutkörperchen weiter eingehen.

früher beschriebenen Röhrchen und Tröge constante Ströme von verschiedener Stärke geleitet, habe aber immer nur Erscheinungen der Elektrolyse, wie sie früher [1]) beschrieben wurden, beobachtet, niemals eine Veränderung im Blute gesehen, wie sie der Entladungsstrom hervorbringt.

Umgekehrt bemerkt man aber, dass der Entladungsstrom neben der elektrischen Aufhellung des Blutes immer auch, aber eine sehr wenig bedeutende Elektrolyse des Blutes bewirkt, und zwar entsprachen die auftretenden Jonen, wo wir unser Augenmerk auf sie richteten, immer einer Stromesrichtung vom innern Beleg der Flasche zum äusseren.

Am besten überzeugt man sich davon bei den mikroskopischen Versuchen. Man sieht dort an derjenigen Stanniolelektrode, welche mit dem äussern Flaschenbeleg und der Erde metallisch verbunden ist, eine einfache Schicht neben einander aufgereihter Gasblasen, an der entgegengesetzten Elektrode einen äusserst schmalen Saum von feinen Körnchen, wie zartes Gerinnsel.

In dem Versuche mit dem Trog (Fig. 11) sieht man ferner immer eine Elektrode sich schwarz belegen, während die andere blank bleibt, so dass man also an der Stromvertheilungsfigur zwei entgegengesetzte Hälften nach diesem verschiedenen Ansehen der nach oben gekehrten Elektrodenflächen unterscheiden kann.

In diesem Troge habe ich auch Versuche mit sehr empfindlichen Lackmus- und Jodkaliumstärke-Papier angestellt, indem ich den Boden des Troges mit einem aus jenen Papieren geschnittenen befeuchteten Streifen belegte.

Immer zeigte sich dort, wo die Elektrode beim Blutversuche beschlägt, auch die Säure oder Jodreaction, an der entgegengesetzten Elektrode die Alkalireaction; wenn ich eine grössere Anzahl von Entladungsschlägen bei derselben Schlagweite hindurch gehen liess. Beide Reactionen waren gerade so deutlich als sie bei einem schwachen constanten Strom in einem neuen Versuche an demselben Apparate, nur in viel kürzerer Zeit auch erschienen.

---

[1]) Abschnitt II.

Ich habe ferner diesen Trog mit einer Dextrinlösung gefüllt, welche eine geringe Menge Jodkalium aufgelöst enthielt. Die Jodreaction erschien beim Hindurchleiten von Entladungen immer nur an der einen Elektrode, gerade so wie es sich bei Anwendung des constanten Stromes zeigte, mit welchem ich vorher die Empfindlichkeit jener Mischung prüfte.

Die letztere wurde auch in ähnlicher Weise, wie das Blut, in das Röhrchen aufgenommen, welches mir zu meinen ersten Versuchen diente, und dieses so wie dort in den Schliessungsbogen eingeschaltet. Die Schlagweite betrug 20 Millim. Nun gingen eine Reihe von Entladungsschlägen durch die Flüssigkeit. Es zeigte sich immer nur an einer Platin-Elektrode, aber ganz deutlich eine Jodreaction und zwar an derjenigen, welche mit dem Stab *m*, Fig. 1, metallisch verbunden war, während von der entgegengesetzten Elektrode ein paar Gasbläschen aufstiegen. Endlich will ich noch anführen, dass ich, wenn ich meine Röhrchen und Tröge oder den mikroskopischen Objectträger und entsprechende Blutproben mit den Enden eines secundären Kreises von Inductionsapparaten metallisch verband, immer nur die Erscheinungen der Elektrolyse, niemals elektrische Aufhellung des Blutes beobachtete, so bei Versuchen mit einem grösseren Schlitten-Magnetelektromotor nach du Bois, oder mit einem grossen magnetelektrischen Rotationsapparat nach v. Ettingshausen.

Mit Inductionsapparaten von grösserer Schlagweite, mit welchen man die Wirkungen der Maschinen-Elektricität nachahmen kann, war ich noch nicht in der Lage Versuche anstellen zu können, der Erfolg solcher Versuche kann aber natürlich nicht mehr zweifelhaft sein.

Ich will nun einen kurzen Blick auf den zurückgelegten Weg werfen.

Wir waren an die Arbeit gegangen, mit der Absicht, uns über die Wirkung des Entladungsstromes auf das Blut zu belehren, während wir dies an der Hand von Experimenten gethan haben, machten wir die Erfahrung, dass das Blut die merkwürdige Eigen-

schaft besitzt, uns die Vertheilung der Elektricität im Schliessungsbogen anzuzeigen, so dass es gelingt die Stromvertheilung in prismatischen und nicht prismatischen Leitern mit Hilfe des Blutes zu demonstriren. Wir fanden, dass innerhalb der Grenzen, in welchen wir uns bewegten, diese Vertheilung nach denselben Gesetzen erfolgt wie bei dem constanten Srom, ein Resultat, welches nach den Versuchen über die Wärme — und elektrodynamischen Wirkungen des Entladungsstromes nicht befremden kann. Ich glaube, dass diese Methode das Blut als stromprüfende Substanz zu verwenden noch weiterer Anwendungen fähig sein wird.

Wir haben vorläufig von der Empfindlichkeit, mit welcher das Blut verschiedene Stromdichten anzeigt, Gebrauch gemacht, um über die Widerstände des Blutes einige Erfahrungen einzusammeln.

Und es ist uns gelungen zu zeigen, dass die Stromeswiderstände des Blutes nicht die einzigen sind, welche sich der Aufhellung des Blutes durch den Entladungsstrom entgegenstellen, dass man vielmehr noch eine andere Art von Widerstand annehmen müsse, welcher von den Blutkörperchen abhängig ist und welchen wir mit dem Namen der specifischen Resistenz der Blutkörperchen belegt haben.

Die letztere haben wir in verschiedenen Blutsorten verschieden gefunden.

Wir haben ferner gezeigt, dass man bei gegebener Länge und gegebenem Querschnitt einer Blutsäule das specifische Leitungsvermögen des Blutes und die specifische Resistenz der Blutkörperchen unabhängig von einander und im entgegengesetzten Sinne ändern kann. Wir haben uns aber noch theoretischer Folgerungen aus diesen Erfahrungen enthalten und uns auch weitere physiologische Studien über verschiedene Zustände der Blutkörperchen unter Beihilfe des Entladungsstromes vorbehalten.

Die Vorgänge an den Blutkörperchen, während sie unter dem Einflusse des Entladungsschlages sich verändern, konnten wir unter dem Mikroskop verfolgen, wir haben aber diese Vorgänge innerhalb eines Blutkörperchens viel zu complicirt gefunden, um den Zusammenhang derselben mit den Structurverhältnissen des Blutkörperchens,

insoweit uns dieselben von unseren Mikroskopen enthüllt werden, zu überschauen. Von dem Zellenschema mussten wir uns, wie schon in dem früheren Aufsatze emancipiren.

Von dem constanten Strom und von Inductionsschlägen von geringer Spannung haben wir keine der Wirkung des Entladungsstromes ähnliche Wirkung auf das Blut erhalten.

Was ich im Eingange hervorhob, dass sich während der Verfolgung unseres Gegenstandes immer neue Fragen aufdrängten, wird dem Leser dieser Abhandlung jetzt von selbst klar geworden sein.

Ich glaube aber wenigstens die richtigen Handhaben für die Erledigung dieser Fragen gefunden zu haben, und möchte das, was in der vorliegenden Abhandlung festgestellt wurde, nur als das erste Gerüste erscheinen lassen, zu einem Bau, der noch Zeit und Arbeit zu seiner Weiterführung braucht.

XXII.

Zur Theorie des Gehörorgans.

Von

Dr. **Ernst Mach** [1]).

Probleme der Technik und Probleme der Physiologie sind oft sehr verwandt. Die Technik stellt uns die Aufgabe, gewisse Zwecke zu erreichen, und lässt innerhalb bestimmter Grenzen die Wahl der Mittel frei. In der Physiologie hingegen finden wir gewisse Zwecke erreicht und haben nach den Mitteln zu forschen, welche wirklich zur Anwendung gekommen sind [2]).

Es darf dieser Bemerkung zufolge nicht befremden, wenn vorliegende Betrachtungen über das Gehörorgan unmittelbar an eine technische Untersuchung, die Theorie des Kymographions, anknüpfen. Das Kymographion hat die Aufgabe, die Blutdruckwellen möglichst genau aufzuzeichnen. Wie hat man demnach das Kymographion einzurichten? — Das Ohr ist auch ein Kymographion. Es zeichnet die Schallwellen in die Labyrinthflüssigkeit, wo dieselben vom Gehörnerv aufgenommen werden. Das Ohr functionirt aber in einer eigenthümlichen Weise; es leistet z. B. den genannten Dienst, wenigstens scheinbar, für Schallwellen von sehr verschiedener Länge mit nahezu

---

1) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

2) Die schiefe Auffassung dieser Aehnlichkeit führt eben zur teleologischen Richtung der Physiologie.

gleicher Genauigkeit. Durch welche Einrichtungen ist nun diese Functionsweise des Ohres bedingt?

Die Physiologen sind bezüglich dieser Einrichtungen heutzutage noch nicht einmal über die ersten Grundfragen einig. Selbst darüber besteht noch Streit, ob der Schall vom Trommelfell zum ovalen Fenster durch die Gehörknöchelchen geleitet [1]) oder lediglich durch die Gelenksbewegung der Knöchelchen, wobei letztere als Ganzes schwingen, übertragen wird [2]). In manchen der neuesten Werke über Ohrenheilkunde findet man erstere Ansicht noch vertreten [3]). Die Frage ist aber, wie mir scheint, sehr einfach zu entscheiden. Die Gehörknöchelchen bilden eine Kette mit einander durch Gelenke verbundener Massen. Die Moleküle jeder einzelnen dieser Massen können gegen einander verschoben werden und auch die ganzen Massen gegen einander vermöge der Gelenke. Bei der ersteren Verschiebung kommen nun entschieden weit grössere Elasticitätscoëfficienten in's Spiel als bei der letzteren. Wenn demnach an einem Ende der Kette ein Druck wirkt, so wird dies mehr eine Verschiebung der ganzen Massen gegen einander, als der einzelnen Moleküle einer Masse zur Folge haben (weil erstere Verschiebung leichter und schneller erfolgt). Ein leicht beweglicher Stab, der am Ende gestossen wird, bewegt sich als Ganzes. Ist er schwer beweglich, so pflanzt sich im Gegentheile die Erschütterung durch seine Moleküle fort. Das eine tritt nothwendig in dem Masse hervor, als das andere zurücktritt. Weist nun, für den Fall der Gehörknöchelchen, zum Ueberflusse das Experiment nach [4]), dass sie bei der Tonaufnahme wirklich in beträchtlichen Amplitüden als Ganzes schwingen, so kann man versichert sein, dass hierbei die Verschiebung ihrer Moleküle, die Schallleitung, höchst unbedeutend, für die physiologische Betrachtung verschwindend sei.

---

[1]) J. Müller, Handbuch der Physiologie. II. S. 433. — Vgl. auch Ludwig, Lehrbuch der Physiologie. I. S. 368.

[2]) Savart, Ann. d. Chim. et Phys. T. 26, p. 24. — Seebeck, Dove's Repert. VIII, S. 103. — Helmholtz, Tonempfindungen. Braunschweig 1863. S. 202 und bei Ludwig, Lehrb. d. Phys. S. 368.

[3]) Toynbee, Krankheiten des Gehörorgans, übers. v. Dr. Moos. Heidelberg. 1863.

[4]) Siehe Politzer's Versuche bei Helmholtz, Tonempf. S. 248.

Allerdings könnte bei sehr hohen Tönen, deren rascher Bewegung die Knöchelchen nicht mehr zu folgen vermögen, die Schallleitung überwiegen, die Gelenksbewegung zurücktreten. Doch geschieht dies wahrscheinlich erst bei Tönen, welche ihrer Höhe wegen überhaupt nicht mehr vernehmbar sind. Ich beschränke mich demnach vorläufig auf die Betrachtung der Gelenksbewegung und hoffe demnächst, sobald mir das experimentelle Material (die Elasticitätscoëfficienten der Knöchelchen und Gelenke) zu Gebote steht, meine Darstellung durch eine vollständige Theorie zu rechtfertigen. Vorläufig verweise ich auf eine kurze mathematische Note [1]).

Das Hören wird also durch das Mitschwingen einzelner Theile des Gehörorgans vermittelt. Ist dies einmal festgestellt, so befremdet den Physiker zunächst die Fähigkeit des Ohres, Töne von sehr verschiedener Höhe gleich gut zu hören. In der That begegnen wir einigen Versuchen, diese Eigenthümlichkeit zu erklären. Savart [2]) nimmt an, der Eigenton des Trommelfelles liege sehr hoch gegen alle überhaupt vernehmbaren Töne, welche Annahme wirklich für die tieferen Töne eine ziemlich gleichmässige Intensität des Hörens ergiebt. Ein anderer in vieler Beziehung glücklicherer Erklärungs-

---

[1]) Setzt man zwei Moleküle von der Masse = 1 voraus, von welchen das erste mit der Lage x mit dem Modul q gegen das zweite von der Lage ξ verschoben werden kann, welches letztere ausserdem nach einer Gleichgewichtslage mit dem Modul p strebt, so haben wir folgende zwei Gleichungen, die sich mit Berücksichtigung einer Störung sin rt ergeben:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -qx + q\xi + \sin rt$$

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -(p+q)\,\xi + qx$$

aus welchen sich mit Vernachlässigung des Anfangszustandes sofort folgern lässt

$$x = \frac{p+q-r^2}{p+2q-r^2}\sin rt, \quad \xi = \frac{q}{p+2q-r^2}\sin rt, \quad x-\xi = \frac{p-r^2}{p+2q-r^2}\sin rt.$$

Man sieht sogleich, dass die gegenseitige Verschiebung der Moleküle gegeneinander, nämlich $x-\xi$ verschwindend wird gegen die gemeinschaftlichen Verschiebungen x, ξ, wenn q gross ist gegen p und r. Werden aber auch p und r beträchtlich, so tritt dies nicht mehr ein.

[2]) Savart, Ann. d. Chim. T. 26. p. 24. — Vergl. auch meine Theorie d. Pulswellenzeichner. Sitzb. d. Wien. Akad. 1862.

versuch rührt von Seebeck her. Seebeck[1]) bemerkt in seiner schönen Abhandlung über Akustik, dass die Gehörknöchelchen in Verbindung mit dem Trommelfelle und dem Labyrinthwasser unter einigermassen bedeutenden Widerständen schwingen. In diesem Falle werden aber Töne von verschiedener Höhe gleichmässiger aufgenommen, als bei geringen Widerständen.

Betrachten wir das Trommelfell mit den Gehörknöchelchen und der Labyrinthflüssigkeit als eine schwingungsfähige Masse und lassen wir auf dieselbe einen Schallwellenzug $a \sin (qt + \tau)$ einwirken. Der auf das Trommelfell wirkende variirende Druck hängt dann von der Geschwindigkeit der Lufttheilchen $aq \cos (qt + \tau)$ ab. Wir erhalten demnach für die Bewegung die unmittelbar einleuchtende Gleichung:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = - p^2x - 2(b+\beta)\frac{dx}{dt} + 2abq \cos (qt+\tau) \qquad (1)$$

worin p^2, $2b$, 2β Grössen bedeuten, welche sich in bekannter Weise, respective auf den Elasticitätsmodul und die Masse des Systems, auf den Widerstand, der aus der relativen Bewegung von Luft und Trommelfell hervorgeht, und auf anderweitige Widerstände beziehen. Die Integration gibt sofort:

$$x = e^{-(b+\beta)t} \left\{ Ae^{rt} + Be^{-rt} \right\} + \frac{2abq}{\sqrt{(p^2-q^2)^2 + 4(b+\beta)^2q^2}} \sin (qt+\vartheta) \qquad (2)$$

wobei

$$r = \sqrt{(b+\beta)^2 - p^2}; \quad \operatorname{tang} (\tau - \vartheta) = \frac{p^2-q^2}{2(b+\beta)q}$$

und A, B vom Anfangszustande abhängen.

Für $p = q$ hat der Coëfficient von $\sin (qt + \vartheta)$ ein Maximum $= \frac{ab}{b+\beta}$ und für sehr grosse Werthe von $b + \beta$ bleibt derselbe zu beiden Seiten des Maximums nahezu constant, wenn auch q bedeutend variirt. Ferner ergibt sich aus 2. auch, dass der Anfangszustand vermöge des Factors $e^{-(b+\beta)t}$ desto rascher verschwindet, je grösser $b + \beta$. Durch die Vermehrung der Widerstände würde das Ohr demnach befähigt, sowohl verschiedene Töne gleichmässig, als auch rasch nach einander aufzunehmen.

---

[1]) Seebeck, Dove's Repert. VIII. S. 103.

Seebeck's Betrachtung lässt sich vervollständigen, wenn man berücksichtigt, dass das Trommelfell weit grössere Excursionen ausführt als der Steigbügel, dass also die Gehörknöchelchen eine Art Hebelvorrichtung oder Storchschnabel darstellen. Denken wir uns das ganze System wieder als eine Masse, welche durch das h mal grössere Schwingungen ausführende Trommelfell bewegt wird, so haben wir die Gleichungen:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -p^2x - 2(bh^2+\beta)\frac{dx}{dt} + 2abhq\cos(qt+\tau) \tag{3}$$

und

$$x = e^{-(bh^2+\beta)t}\left\{ Ae^{nt} + Be^{-nt} \right\} + \frac{2abhq}{\sqrt{(p^2-q^2)^2 + 4(bh^2+\beta)^2 q^2}}\sin(qt+\vartheta) \tag{4}$$

wobei

$$n = \sqrt{(bh^2+\beta)^2 - p^2}; \quad \text{tang}(\tau-\vartheta) = \frac{p^2-q^2}{2(bh^2+\beta)q}. \tag{5}$$

Man sieht hieraus wieder, dass die erwähnte Einrichtung der Gehörknöchelchen wesentlich dazu beiträgt, das Verschwinden des Anfangszustandes zu beschleunigen und die Gleichmässigkeit der Tonaufnahme zu erhöhen. Der Maximumwerth der Schwingungsamplitüde der Knöchelchen wird nach (4) $a \cdot \frac{bh}{bh^2+\beta}$, wenn a die Amplitude der Störung ist. Für sehr grosse h fällt aber dieser Werth sehr klein aus. Hiermit ist die Anwendbarkeit allzu grosser Werthe von h ausgeschlossen.

Fassen wir noch einen Umstand in's Auge. Das Trommelfell bietet der Luft eine bedeutende Fläche dar, während das ovale Fenster, auf welches die Bewegung übertragen wird, sehr klein ist. Ziehen wir diesen Umstand in Rechnung. F sei die Fläche des Trommelfelles, f jene des ovalen Fensters, m die Masse der Knöchelchen und des Trommelfelles, $f\mu$ eine der Fläche f proportionale Masse der Labyrinthflüssigkeit, welche in Bewegung gesetzt wird. Die früheren Grössen behalten ihre Bedeutung bei und es ergiebt sich:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{p^2+f}{m+f\mu}\cdot x - 2\frac{Fb+f\beta}{m+f\mu}\cdot\frac{dx}{dt} + 2abFq\cos(qt+\tau) \tag{5}$$

$$x = e^{-\frac{Fb+f\beta}{m+f\mu}t}\left\{ Ae^{nt} + Be^{-nt} \right\} + \frac{2abFq}{\sqrt{\left(\frac{p^2+f}{m+f\mu} - q^2\right)^2 + 4\left(\frac{Eb+f\beta}{m+f\mu}\right)^2 q^2}}\sin(qt+\vartheta); \tag{6}$$

wobei n und $tg\ (\tau - \vartheta)$ sich in ganz analoger Weise finden wie in den früheren Fällen. Sind nun m, μ klein und F gegen f sehr gross, so hat $\frac{Fb + f\beta}{m + f\mu}$ einen bedeutenden Werth. Dies bedingt wieder Gleichmässigkeit der Tonaufnahme und Zurücktreten des Anfangszustandes.

Die drei betrachteten Umstände wirken also in ähnlicher Weise. Und in demselben Masse, in welchem die Gleichmässigkeit der Tonaufnahme hervortritt, verschwindet auch der Beharrungszustand. Mit anderen Worten könnte man sagen, je mehr die Luft durch das Trommelfell die Bewegungen der Knöchelchen regirt, je leichter letztere die Luftbewegung aufnehmen, desto leichter vermögen sie dieselbe durch das Trommelfell auch wieder an die Luft abzugeben. Natürlich, denn sowohl bei der Aufnahme, wie bei der Abgabe kommen dieselben Kräfte nur in umgekehrter Richtung in's Spiel. Es ist dies ein Analogon des Kirchhoff'schen Satzes der Gleichheit von Absorptions- und Emissionsvermögen für jede Strahlengattung, welcher Satz in letzter Instanz wieder nur eine Anwendung des Newton'schen Principes der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung ist, wie ich demnächst zu beleuchten gedenke.

Herr Prof. Ludwig hat mir im Gespräche mitgetheilt, dass er die Gehörknöchelchen vorzüglich für Beruhigungsapparate der Labyrinthflüssigkeit halte. Man hört nämlich auch mit geschlossenem Gehörgange recht gut, nur kann man eine rasche Folge von Tönen nicht deutlich wahrnehmen. Ich habe um so weniger Grund, gegen diese Ansicht eine Einwendung zu erheben, als sich dieselbe so eben ganz ungesucht auf einem anderen Wege ergeben hat. Hervorzuheben bleibt nur, dass die Gehörknöchelchen gerade durch jene Fähigkeit, welche sie zu Störungsapparaten macht, auch Beruhigungsapparate werden.

Wenn der Schall aus der Luft vermöge des Gehörorgans leicht in's Labyrinth dringt, so muss er umgekehrt aus dem Labyrinthe durch den Gehörgang leicht in's Freie entweichen können. Erfahren die Kopfknochen und mittelbar auch das Labyrinth eine permanente

periodische Erschütterung, so wird sich, wenn man Duhamel's [1]) Betrachtungsweise der Saite für diesen Fall ausdehnt, alsbald an jedem Punkte unseres Kopfknochensystems eine constante Schwingungsweise etabliren. Die an jedem Punkte vorräthige lebendige Kraft des Schalles wird dann durch die constante Differenz von Zufluss und Abfluss gemessen und müsste sich sofort ändern, sobald der Zufluss oder Abfluss gestört würde. Man kann sich nun in der That, wenn man einen constanten Ton leise vor sich hinsingt, durch einige einfache Experimente überzeugen, dass vom Labyrinthe durch den Gehörgang ein bedeutender Schallstrom in's Freie dringt. Hält man sich einen Gehörgang leicht mit dem Finger zu, so vernimmt man sogleich den gesungenen Ton viel stärker, und noch stärker, wenn man auch den andern Gehörgang schliesst. Indem ich die von Rinne [2]) gegebene Erklärung, nach welcher diese Erscheinung auf Resonanz beruhen soll, nicht acceptiren kann, scheint es mir sehr natürlich, die Verstärkung des Tones von der Hemmung des Schallabflusses herzuleiten. Auf Resonanz des Gehörganges kann man die Erscheinung schon desshalb nicht gut zurückführen, weil alle Töne von noch so sehr verschiedener Höhe, gleichmässig verstärkt werden. Der Gehörgang hat überdies, wie Helmholtz [3]) gezeigt hat, einen ziemlich hohen Eigenton. Drückt man die Gehörgänge fest zu, statt sie leicht zu schliessen, so vernimmt man keine Verstärkung, sondern vielmehr eine Schwächung des gesungenen Tones. Wahrscheinlich wird durch das feste Anpressen der Finger der Schallabfluss eben durch die Finger befördert. — Ich stelle mich in einem Zimmer auf, ein Beobachter in einem andern. Durch die geschlossene Thüre geht eine Kautschuckröhre. Das eine Ende halte ich in der Hand, das andere steckt im Gehörgange des Beobachters. Wenn ich nun einen vollkommen constanten Ton so leise singe, dass mich der Beobachter nur durch die Kautschukröhre hört, so vermag er doch sogleich anzugeben, ob ich das Ende der Röhre meiner Stirne oder meinem

---

[1]) Duhamel, Compt. rend. XV. p. 1.

[2]) Rinne, Prager Vierteljahrsschrift. 1855. 1. Bd. S. 113.

[3]) Helmholtz, Tonempfindungen etc.

Gehörgange nähere. Im letzteren Falle vernimmt er den Ton stärker. — Noch ein Experiment. Wenn ich meine beiden Gehörgänge, während ich singe, nicht mit den Fingern, sondern mit einer 1 Fuss langen Kautschuckröhre schliesse, welche von einem Gehörgange in den andern läuft, so vernehme ich keine Verstärkung, sondern im Gegentheile eine Schwächung des Tones. Die Verstärkung tritt aber allsogleich ein, wenn ich die Röhre an irgend einem Punkte mit den Fingern zudrücke. Die Erklärung ist einfach. Beide Trommelfelle liegen symmetrisch zu den Stimmbändern und schwingen daher in gleichen, entgegengesetzten Phasen. Die von beiden Gehörgängen ausgehenden Schallströme heben sich durch Interferenz auf. — Merkwürdiger Weise vernimmt man einen constanten Ton singend mit geschlossenen Gehörgängen Schwebungen. Dasselbe Phänomen zeigt sich, wenn man eine tönende Stimmgabel mit den Zähnen fasst, sobald man die Gehörgänge schliesst. Auf diese Schwebungen, von deren Studium ich mir Einiges verspreche, komme ich in einer spätern Abhandlung zurück.

Wir haben nun den Einfluss einer Reihe von Einrichtungen des Ohres gesondert betrachtet, obwohl wir sie hätten zusammenfassen können. Doch tritt bei der Trennung der Werth der einzelnen Umstände klarer hervor. Fassen wir nun alles zusammen, so finden wir, dass sich die Labyrinthflüssigkeit desto gehorsamer gegen die Luft verhält, je grösser die Widerstände, je grösser die Fläche des Trommelfelles, je kleiner die Fläche des ovalen Fensters, je kleiner die Masse des ganzen Apparates, je grösser die Hebelwirkung. Wir besitzen hiermit eine Reihe von Mitteln, um ein Ohr herzustellen von jenen Eigenschaften, wie sie das menschliche eben zeigt.

Nun pflegt es allerdings zu geschehen, dass wir bei Construction physikalischer Instrumente eben von jenen Kenntnissen Gebrauch machen, die wir uns erworben haben. Aber die Natur hat nicht an der *école* polytechnique studirt. Die Natur hat auch noch andere Rücksichten zu befolgen als gerade herrschende Theorien um Erlaubniss zu fragen. Es steht also in Zweifel, ob sie von den Vorschlägen Savart's, Seebeck's und meiner Wenigkeit Gebrauch machen wird. Die Natur darf vielleicht die genannten Mittel nicht

unbegrenzt verwenden; sie muss höchst wahrscheinlich aus anderen (anatomischen) Gründen gewisse Grenzen in den Dimensionen des Trommelfelles, des Labyrinthes, der Knöchelchen u. s. w. einhalten. Die Natur muss vielleicht durch die Mannigfaltigkeit der Mittel ersetzen, was an der unbegrenzten Anwendbarkeit eines einzigen oder einiger weniger abgeht. Es wird sich wahrscheinlich auch bei der physikalischen Untersuchung vergleichend anatomischer Präparate herausstellen, dass in verschiedenen Fällen verschiedene Mittel vorzugsweise zur Anwendung kommen.

In der That giebt es auch wirklich noch mehrere Mittel, den erwähnten Zweck zu erreichen. Wir wollen noch eines davon betrachten. Es liegt in der Gliederung der Masse der Gehörknöchelchen und in einer Reihe verschiedener Elasticitätscoëfficienten, welche hierbei gleichzeitig an verschiedenen Gelenken auftreten können. Schematisiren wir uns wieder diesen Apparat. Betrachten wir denselben der Einfachheit wegen zunächst als aus zwei Massen bestehend, m (Trommelfell + Hammer) und μ (Amboss + Steigbügel + Labyrinthflüssigkeit). Jede dieser Massen strebt nach einer gewissen Gleichgewichtslage und beide sind in elastischer Verbindung, indem der Amboss gegen den Hammer mit Dehnung der Gelenksbänder bewegt werden kann. Die Massen mögen in denselben Graden schwingen, x sei die Abscisse des m, ξ jene des μ und t die Zeit. Wir finden dann folgende zwei leicht verständliche Gleichungen, zu welchen man entweder durch d'Alembert's Princip oder auch unmittelbar gelangen kann:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -px + q(\xi - x) - b\frac{dx}{dt} + c\left(\varphi'(t) - \frac{dx}{dt}\right) \tag{7}$$

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -\pi\xi - \rho(\xi - x) - \beta\frac{d\xi}{dt} \tag{8}$$

oder auch

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -(p+q)x - (b+c)\frac{dx}{dt} + q\xi + c\varphi(t) \tag{9}$$

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -(\pi+\rho)\xi - \beta\frac{d\xi}{dt} \tag{10}$$

In diesen Gleichungen ist p der Quotient aus dem Elasticitätsmodul, welcher bei Verschiebung der Masse m in's Spiel kommt und

aus dieser Masse m; π hat dieselbe Bedeutung für μ. Die Grössen q. ρ entsprechen dem Elasticitätscoëfficienten der Verbindung von m, μ, beziehungsweise durch m, μ dividirt. Auf den Widerstand des Trommelfelles in der Luft bezieht sich c und b, β auf anderweitige, die Massen m, μ treffende Widerstände. Die variable Geschwindigkeit der Lufttheilchen ist durch $\varphi(t)$ bezeichnet. Ersetzen wir die Coëfficienten der Reihe nach durch andere Buchstaben, so haben wir:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\alpha_1 x - b_1 \frac{dx}{dt} + c_1\xi + d_1 \varphi(t) \tag{11}$$

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -\alpha_1\xi - \beta_1 \frac{d\xi}{dt} + \gamma_1 x \tag{12}$$

Differentiirt man 11, 12 zweimal nach einander, so erhält man eine genügende Anzahl von Gleichungen, um sich durch Elimination zwei Gleichungen in x und ξ allein zu verschaffen. Diese Gleichungen sind:

$$\frac{d^4x}{dt^4} + H\frac{d^3x}{dt^3} + J\frac{d^2x}{dt^2} + K\frac{dx}{dt} + Lx = \Psi(t) \tag{13}$$

$$\frac{d^4\xi}{dt^4} + H\frac{d^3\xi}{dt^3} + J\frac{d^2\xi}{dt^2} + K\frac{d\xi}{dt} + L\xi = M\varphi(t) \tag{14}$$

Hierbei geht $\psi(t)$ aus $\varphi(t)$ hervor und die Constanten haben folgende Bedeutung:

$$H = b_1 + \beta_1;\quad J = a_1 + \alpha_1 + b_1\beta_1;\quad K = \alpha_1 b_1 + a_1\beta_1;$$
$$L = \alpha_1 a_1 - c_1\gamma_1;\quad M = \gamma_1 d_1.$$

Wir brauchen nur eine dieser beiden Gleichungen zu integriren, etwa jene in ξ, da sich x sofort aus ξ ableiten lässt. Betrachten wir zu diesem Zwecke zunächst die Gleichung:

$$\frac{d^4\xi}{dt^4} + H\frac{d^3\xi}{dt^3} + J\frac{d^2\xi}{dt^2} + K\frac{d\xi}{dt} + L\xi = 0. \tag{15}$$

Ihre Integration reducirt sich auf die Auflösung der algebraischen Gleichung

$$\sigma^4 + H\sigma^3 + J\sigma^2 + K\sigma + L = 0. \tag{16}$$

Was die vier Wurzeln σ betrifft, so können diese nur von der Form sein $\sigma = -\mu \pm \nu\sqrt{-1}$, indem sämmtliche Coëfficienten der Gleichung 16 wesentlich positiv sind. In speciellen Fällen kann ν oder μ auch $= 0$ werden, letzteres aber nur, wenn $H = K = 0$ ist. Von letzterem Falle können wir ganz absehen, weil er nie eintreten

kann, wenn wir für die Widerstände b_1, β_1 reelle positive, von 0 verschiedene Werthe wählen. Sind die Wurzeln σ_1 σ_2 σ_3 σ_4 der Reihe nach ermittelt, so hat das Integrale der Gleichung 15 die Gestalt:

$$\xi = \mathfrak{A}e^{\sigma_1 t} + \mathfrak{B}e^{\sigma_2 t} + \mathfrak{D}e^{\sigma_3 t} + \mathfrak{C}e^{\sigma_4 t} \tag{17}$$

$\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{D}$ sind willkürliche, den Anfangszustand charakterisirende Constanten.

Das allgemeine Integrale der Gleichung 14 lässt sich nun leicht nach der Methode der Variation der Constanten aus 17 herleiten. Man erhält für dieses Integrale die Form:

$$\left.\begin{aligned} \xi = {} & \mathfrak{A}e^{\sigma_1 t} + \mathfrak{B}e^{\sigma_2 t} + \mathfrak{C}e^{\sigma_3 t} + \mathfrak{D}e^{\sigma_4 t} \\ & + S_1 e^{\sigma_1 t}\int \varphi(t)\, e^{-\sigma_1 t}\, dt + S_2 e^{\sigma_2 t}\int \varphi(t)\, e^{-\sigma_2 t}\, dt \\ & + S_3 e^{\sigma_3 t}\int \varphi(t)\, e^{-\sigma_3 t}\, dt + S_4 e^{\sigma_4 t}\int \varphi(t)\, e^{-\sigma_4 t}\, dt \end{aligned}\right\} \tag{18}$$

S_1 S_2 S_3 S_4 sind Constanten, welche die Wurzeln σ_1 σ_2 σ_3 . . . enthalten. Um also weiter das Integrale zu ermitteln, müssten wir die Wurzeln σ_1 σ_2 . . . bestimmen. Wenngleich dies bei einer Gleichung vierten Grades, wie sie hier vorliegt, noch allgemein angeht, so hat die Kenntniss der complicirten Ausdrücke doch kein Interesse, so lange das Experiment nicht zu den speciellen Werthen der Coëfficienten führt. Wir können diese Bestimmung um so eher unterlassen, als die genauere Gestalt des Integrales sich sehr einfach auf einem andern Wege ergiebt.

Das Integrale 18 besteht aus einem unbestimmten, mit willkürlichen Constanten versehenen Theil, welcher den Anfangszustand repräsentirt, und aus einem zweiten bestimmten Theile. Der erste Theil enthält nur Exponentielle mit negativen Exponenten (oder complexen Exponenten, deren reeller Theil negativ ist); der ganze Ausdruck verschwindet also jedenfalls für grosse Werthe von t, mögen die Constanten wie immer beschaffen sein [1]). Das Integrale

---

[1]) Ein Zweifel könnte nur dann bestehen, wenn mehrere Wurzeln z. B. alle vier gleich wären. Dann hätte man für den arbiträren Theil

$$(\mathfrak{A} + \mathfrak{B}t + \mathfrak{C}t^2 + \mathfrak{D}t^3)\, e^{-\alpha t}$$

weil in diesem Falle die Form des Integrales eine Modification erleidet. Dieser Ausdruck nimmt aber für $t = \infty$ die unbestimmte Form $\infty \cdot 0$ an. Man bringt

reducirt sich dann auf den zweiten bestimmten Theil. Der entsprechende Schwingungszustand ist stationär geworden, wenn $\varphi(t)$ periodisch ist. Diesen stationären Zustand wollen wir betrachten.

Wir setzen in 14 $\varphi(t) = a \,.\, \text{Sin}\,(rt + \tau)$ und nehmen an, dass für diesen Fell $\xi = \alpha' \,.\, \sin\,(rt + \vartheta)$. Indem wir diesen Werth von ξ wirklich in 14 einführen, können wir α', ϑ immer nachträglich so bestimmen, dass ξ wirklich genügt. Ganz analog verfahren wir für $\varphi\,(t) = \Sigma a \,.\, \sin\,(rt + \tau)$. — Ist ξ bestimmt, so findet sich x sehr leicht aus der Gleichung 12.

Fassen wir die nach Ausführung der angedeuteten Rechnungen erlangten Resultate kurz zusammen, so finden wir:

Wenn

$$\left.\begin{aligned} \varphi\,(t) &= \Sigma a \,.\, \sin\,(rt+\tau) \\ x &= \varkappa_1 \mathfrak{A} e^{\sigma_1 t} + \varkappa_2 \mathfrak{B} e^{\sigma_2 t} + \varkappa_3 \mathfrak{C} e^{\sigma_3 t} + \varkappa_4 \mathfrak{D} e^{\sigma_4 t} \\ &\quad + \Sigma A \,.\, \sin\,(rt+\vartheta) \\ \xi &= \mathfrak{A} e^{\sigma_1 t} + \mathfrak{B} e^{\sigma_2 t} + \mathfrak{C} e^{\sigma_3 t} + \mathfrak{D} e^{\sigma_4 t} \\ &\quad + \Sigma A' \,.\, \sin\,(rt+\vartheta') \end{aligned}\right\} \qquad (19)$$

Hierbei haben die neu eingetretenen Constanten folgende Bedeutung:

$$\varkappa = \frac{\alpha_1 + \beta_1 \sigma + \alpha_2}{\gamma_1}$$

und der Index des x in $\varkappa$ bezieht sich auf σ.

$$A = \frac{aM\,\sqrt{(\alpha_1 - r^2)^2 + \beta_1{}^2 r^2}}{\gamma^1 \sqrt{(L - Jr^2 + r^4)^2 + (Kr - Hr^3)^2}};$$

$$A' = \frac{aM}{\sqrt{(L - Jr^2 + r^4)^2 + (Kr + Hr^3)^2}};$$

$$\text{tang}\,(\tau - \vartheta') = \frac{Kr - Hr^3}{L - Jr^2 + r^4}; \quad \text{tang}\,(\vartheta' - \vartheta) = \frac{\beta_1 r}{\alpha_1 - r^2}$$

Was den Ausdruck $\sqrt{(L - Jr^2 + r^4)^2 + (Kr - Hr^3)^2}$ betrifft,

---

ihn auf die Form $\frac{\mathfrak{A} + \mathfrak{B}t + \mathfrak{C}t^2 + \mathfrak{D}t^3}{\sigma t}$. Nimmt man nun vom Zähler und Nenner den dritten Differentialquotienten, so giebt dies $\frac{\mathfrak{D}}{\sigma^3 e^{\sigma t}}$. Die Grenze dieses Ausdruckes für $t = \infty$ ist $= 0$.

welcher im Nenner von A, A' auftritt, so kann derselbe für keinen reellen positiven Werth von r, der hier allein zulässig ist und einen Sinn hat, $= 0$ werden. Träte dies ein, so würden die Formeln 19 illusorisch und wir müssten annehmen, dass in diesem Falle das Integrale unter einer andern Gestalt erscheint. Zwar hat es den Anschein, als ob dies in einem Falle möglich wäre, wenn nämlich die beiden Gleichungen $L - Jr^2 + r^4 = 0$, $K - Hr^2 = 0$, eine gemeinschaftliche reelle positive Wurzel haben. Löst man aber die zweite Gleichung auf, was für $r^2 = \frac{K}{H} = \frac{a_1 b_1 + a_1 \beta_1}{b_1 + \beta_1}$ allerdings einen positiven reellen Werth giebt, und führt man diesen Werth in die erste Gleichung ein, nebst den durch a_1 α_1, b_1, β_1 . . . ausgedrückten Werthen von L, J, so zeigt sich sogleich, dass der Ausdruck $L - Jr^2 + r^4$ nicht $= 0$ werden kann, wenn man für α_1 a_1 b_1 β_1 . . . nur positive reelle, von Null verschiedene Werthe wählt, welche hier allein zulässig sind.

Aus 19 ergeben sich nun einige Folgerungen. Zunächst sehen wir, dass m und μ im Allgemeinen an der Bewegung verschiedenen Antheil nehmen. Da sowohl x als ξ Functionen von r sind, und zwar verschiedene Functionen, so wird es von der Störungsperiode r abhängen, ob m oder μ mehr Antheil nimmt an der Schwingung. Voraussichtlich complicirt sich dies noch mehr, wenn mehrere Massen in elastischer Verbindung sind und sich noch gleichzeitig um mehrere Axen drehen können, wie dies bei den Gehörknöchelchen wirklich der Fall sein dürfte [1]).

Am meisten interessirt uns ξ, indem dieses die Schwingungen der Labyrinthflüssigkeit darstellt. Die Amplitude der Schwingung ξ ist Function der Strömungsperiode r; sie wird im Allgemeinen für

---

[1]) Lassen wir die Massen in feste Verbindung treten, indem wir den Elasticitätscoëfficienten ihrer Verbindung sehr gross setzen, d. h. fingiren wir eine Ankylose zwischen Hammer und Amboss, so zeigt sich dies allsogleich in dem Gesetze der Tonaufnahme. Im Nenner von x und ξ erscheint dann für die Function vierten Grades von r blos eine Function zweiten Grades. Man sieht aus diesem Beispiele, dass eine mathematische Theorie auch für die Diagnose der Gehörskrankheiten wichtig werden kann.

verschiedene r verschieden sein. Kann man aber über die Werthe der Constanten a_1 α_1 b_1 β_1 . . ., welche in die Grössen $HJKLM$ eingehen, frei disponiren, so lässt sich vermöge dieser Werthe innerhalb gewisser Grenzen eine annähernde Gleichmässigkeit (nie eine vollständige) herstellen, wohl aber auch das gerade Gegentheil. Die Natur hat also in den genannten Constanten wieder eine Reihe von Mitteln, um annäherungsweise ein Ohr von jenen Eigenschaften herzustellen, wie es Seebeck voraussetzt. Sie kann aber auch das Gegentheil thun, sie kann einzelne Töne bedeutend gegen die übrigen hervorheben. Dies wollte ich beleuchten.

Ich hebe ausdrücklich hervor, dass durch die erwähnte Einrichtung je nach Umständen sowohl eine Gleichmässigkeit als eine Ungleichmässigkeit der Tonaufnahme bedingt sein kann. Denn ich glaube nicht, dass die Gleichmässigkeit in dem Grade erreicht sei, wie sie Seebeck vorauszusetzen scheint. Alle besprochenen Einrichtungen dürften vielmehr vorzugsweise dazu bestimmt sein, das Zurücktreten des Beharrungszustandes zu beschleunigen. Die Gründe meiner Ansicht sind folgende:

1. Wir dürfen nicht annehmen, dass die Gehörknöchelchen bei hohen und tiefen Tönen gleich lebhaft schwingen, weil wir beiderlei Töne gleich gut hören. Wir haben durch Helmholtz [1]) erfahren, dass die in die Labyrinthflüssigkeit übertragenen Wellen, daselbst von eigenthümlichen Gebilden, den Corti'schen Fasern aufgenommen werden, und wir kennen diese Gebilde vorläufig zu wenig, um sagen zu können, dass die auf hohe Töne gestimmten Fasern die entsprechenden Schwingungen eben so leicht aufnehmen, wie die auf tiefe Töne abgestimmten. Würden aber auch alle Fasern gleich leicht in's Mitschwingen gerathen, so steht es erst in Frage, ob nicht die Höhe der Töne an sich einen Einfluss habe auf die Quantität der ausgelösten Nervenarbeit, also auf die Intensität der Empfindung. Die gleiche Empfindlichkeit für hohe und tiefe Töne kann also an

---

[1]) Helmholtz, Tonempfindungen. S. 207. — Versammlung der Naturforscher in Karlsruhe. 1859. S. 157. — Pogg. Ann. 108. S. 290. Fechner, Psychophysik. II. S. 286.

sehr verschiedenen Punkten des Gehörorgans ihren Sitz haben, sie kann durch mannigfaltige Combinationen bedingt sein und liegt nicht nothwendig in den Gehörknöchelchen.

2. Die Gleichmässigkeit der Tonaufnahme ist möglicher Weise nur scheinbar. Würden die Bewegungen des Auges nicht so offen selbst für die oberflächlichste Beobachtung daliegen, so könnte selbst auf einer ziemlich hohen Stufe der Optik die Ansicht zur Geltung gelangen, man sehe nach allen Richtungen gleich gut, die Netzhaut sei an allen Stellen gleich empfindlich. Dass das Auge mit einem Accommodationsmechanismus ausgestattet sei, hat ja wirklich erst die Wissenschaft nachgewiesen. Dem gewöhnlichen Bewusstsein entgeht diese Thatsache ganz. Und lange figurirte sie schon als logisches Postulat, bevor das Experiment im Stande war, sie nachzuweisen. — Aehnlich dürfte es sich mit dem Ohre verhalten. Was sollte wohl der *tensor tympani* und der Stapedius für eine Function haben, wenn nicht die, das Ohr abwechselnd für verschiedene Töne empfindlicher zu machen, zu accommodiren, indem diese Muskeln zwei unserer Constanten a_1 α_1 b_1 β_1 . . . in Variable verwandeln.

Wohl hat man bereits mannigfaltige Vermuthungen über die Function der Muskeln des mittleren Ohres ausgesprochen. Man betrachtete den *tensor tympani* bald als Dämpfer des Schalles, bald nahm man an, dass er durch seine Spannung das Ohr für die höheren Töne empfindlicher mache. Doch hat man, wie mir scheint, die Bedeutung der Muskeln des mittleren Ohres nie genug gewürdigt [1]). Ich glaube, dass diese so wesentlich sind, wie für das Auge der Accommodationsmechanismus, dass dieselben beim aufmerksamen Hören fortwährend in Thätigkeit bleiben, dass man mittelst ihrer variirenden Spannung Töne so fixirt und verfolgt, wie mit dem Auge Raumpunkte und Bewegungen.

Diese Ansicht gewinnt eine bedeutende Wahrscheinlichkeit durch Rückblick auf unsere Betrachtungen. Es ist eine mathematische

---

[1]) Man konnte sie wohl auch nicht würdigen. Die Theorie der Sinneswahrnehmung musste nothwendig beim Auge als dem der Beobachtung zugänglichsten Sinnesorgane beginnen. Nun aber kann uns die physiologische Optik als Muster für die Akustik dienen.

Unmöglichkeit, dass die Muskeln durch ihre veränderliche Spannung etwas anderes leisten, als eine Verschiebung des Maximums der Mitschwingungsfähigkeit von einer Tonhöhe zur andern. Auch das Experiment lehrt, dass Reizung des *tensor tympani* die Excursionen der Knöchelchen verkleinert, für tiefere Töne nämlich, bei welchen man leicht beobachten kann. Eben so gewiss kann man aber sein, dass höhere Töne nun grössere Excursionen hervorbringen werden.

Nach Helmholtz[1]) ist man im Stande, „durch blosse Leitung der Aufmerksamkeit", die einen Klang zusammensetzenden Partialtöne einzeln zu hören. Und wer weiss nicht, dass zum Hören einer Symphonie, zum Verständniss derselben, zur Verfolgung der einzelnen Stimmen ebenfalls Aufmerksamkeit gehöre. Es ist mehr als ein blosses Bild, wenn man sagt, man suche in den Tönen. Dieses Suchen ist sehr merklich eine körperliche Thätigkeit, wie das aufmerksame Sehen. Wollen wir nun der Richtung unserer Physiologie entsprechend, unter Aufmerksamkeit nicht irgend ein mystisches Ding, sondern eine körperliche Disposition verstehen, so liegt es sehr nahe, sie wenigstens zum grössten Theile in der veränderlichen Spannung der Ohrmuskeln zu suchen. So reducirt sich ja auch das, was der gewöhnliche Mensch aufmerksames Sehen nennt, grossentheils auf Accommodation und Augenaxenstellung. Wem die Accommodation fehlt, der kann noch so aufmerksam sehen wollen, er wird doch nicht sehen. Hätten wir nicht die körperliche Fähigkeit, aus einer Tongruppe einzelne Bestandtheile schärfer hervorzuheben, besser zu empfinden, alle übrige Aufmerksamkeit wäre fruchtlos. Es wird übrigens hiermit keineswegs behauptet, dass andere, der Betrachtung noch nicht zugängliche, tiefer liegende Umstände von keinem Einflusse seien.

Dem Gesagten zufolge scheint es mir sehr plausibel, dass ganz allgemein die Aufmerksamkeit im Mechanismus des Körpers ihren Grund habe. Wird Nervenarbeit in gewissen Bahnen ausgelöst, so werden derselben eben durch den Mechanismus andere Bahnen verschlossen. Und was für die sinnliche Empfindung gilt, dürfte auch

---

[1]) Helmholtz, Tonempfindungen. S. 74.

für das Denken gelten. Das Denken kann aufgefasst werden als ein Wechsel der Aufmerksamkeit. — Einige körperliche Vorgänge schliessen also andere aus. In dem Masse als die einen hervortreten, treten die andern zurück. Körperliche Vorgänge, Empfindungen drängen sich gegenseitig. Wir haben auf physiologischem Wege ein ähnliches die Empfindungen beherrschendes Gesetz gefunden, wie es für die Vorstellungen schon lange von Herbart [1]) ausgesprochen wurde. Es ist dies ein Princip der mathematischen Psychologie, das die Naturforscher stets mit Unrecht angegriffen, gewöhnlich gar nicht verstanden haben. Freilich bringt Herbart dieses Princip mit Schlüssen in Verbindung, die nicht nothwendig von Jedermann für bindend gehalten werden, während er anderseits doch selbst bemerkt, dass es auch als Thatsache der Beobachtung oder als Hypothese hingestellt werden könne.

Hängt die Aufmerksamkeit des Hörens wirklich mit der Spannung der Ohrmuskeln zusammen, so ist die Bewegung der letzteren selbstverständlich willkürlich, allerdings innerhalb gewisser, durch den Reflexmechanismus bedingter Grenzen. Sie ist so willkürlich, wie die Bewegung der Augen und die Accommodation, und man hat kaum zu zweifeln, dass schon das blosse lebhafte Vorstellen einer Melodie die Ohrmuskeln in Thätigkeit versetzt. An sich ist dies nicht wunderbarer, als dass wir den Arm willkürlich bewegen können. Gelingt es, dies nachzuweisen, so ist dies ein neuer Beleg für den Fechner'schen [2]) Satz, dass alle geistige Thätigkeit psychophysisch fundirt sei.

Ich muss nun noch ein psychologisches Factum aufführen, welches für die genannte Function der Ohrmuskeln spricht. Wir ordnen die Töne ihrer Höhe nach in einer Reihe. Wie gelangen wir dazu? Dies ist noch von gar keiner Seite aufgeklärt. Die Erklärung liegt aber, wie mir scheint, sehr nahe. Denn es giebt ganz analoge Erscheinungen in anderen Sinnesgebieten, welche bereits erklärt sind. Wir ordnen auch unsere Gesichtsempfindungen in Reihen, und zwar

---

[1]) Herbart, Psychologie als Wissenschaft.

[2]) Fechner, Psychophysik. II.

räumlich. Die Erklärung liegt in Lotze's [1]) Theorie der Localzeichen, welche von Wundt [1]) vervollkommnet und in seiner Fassung durch eine sehr schöne Reihe von Experimenten und Beobachtungen gestützt wurde. Wenn ich Wundt's [2]) Erklärung zur grösseren Klarheit und Kürze in andere Worte fassen darf, so gelangen wir zur räumlichen Wahrnehmung, indem wir in ein Register von scalenartig abgestuften Muskelgefühlen (Augenmuskeln) die Gesichtsempfindungen einreihen. Eben so dürften wir zur Tonreihe gelangen, indem wir in ein Register von Muskelempfindungen (Ohrmuskeln) die Tonempfindungen einreihen, indem sich die Tonhöhen mit jenen Spannungen associiren, welche zu ihrer deutlichsten Wahrnehmung nöthig sind. Der Unterschied zwischen der Tonreihe und räumlichen Wahrnehmnng besteht darin, dass im ersten Falle die „Localzeichen" nothwendig an der Qualität der Empfindung haften, im zweiten nur zufällig [3]).

Natürlich erschien es mir sehr wünschenswerth, das Vorgetragene auch durch Experimente zu bestätigen. Da über die physikalische Function der Ohrmuskeln gar kein Zweifel sein kann, so habe ich nur zu beweisen, dass das Ohr auf verschiedene Töne gestimmt wird, wenn man verschiedene Töne mit Aufmerksamkeit fixirt. Darauf zielte auch eine Reihe manometrischer Versuche nach verschiedenen Methoden ab, welche ich in der Absicht anstellte, Veränderungen des Trommelfelles beim Fixiren verschiedener Töne nachzuweisen. Sie misslangen sämmtlich. Zugleich aber erwiesen sich alle angewandten Methoden als entschieden unbrauchbar, als zu unempfindlich. Ich bemerkte wohl zum Theil Bewegungen der Sperrflüssigkeit,

---

[1]) Lotze, medicinische Psychologie.

[2]) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmungen. Leipzig 1862.

[3]) Einigen Antheil an der Ordnung der Töne in einer Reihe könnte wohl die dichte Lagerung der Corti'schen Fasern haben, insofern immer mehrere Fasern zugleich gereizt würden. — Die Erklärung würde jedoch im Wesentlichen auf der ungenügenden Weber'schen Theorie der Empfindungskreise fussen. — Vergl. meine Vorträge über Psychophysik. Oesterr. Zeitschrift für praktische Heilkunde. IX. Jahrg. Nr. 8—20. — Nicht ohne Einfluss auf die Bildung der Tonreihe ist die Empfindung der Spannung der Stimmbänder beim Singen einer Scala. Doch ist dies allein zur Erklärung nicht ausreichend.

selbst bei vollständiger Ruhe der Gaumenmusculatur, ohne dass es mir jedoch gelang, die Ursache dieser sehr unregelmässigen Bewegungen nachzuweisen. Auch das vollständige Füllen des Gehörganges mit Wasser erwies sich als fruchtlos. So viel scheint mir jedoch aus den Versuchen dennoch hervorzugehen, dass die Spannung des Trommelfelles doch nur eine ganz untergeordnete Rolle spielt.

Gegenwärtig habe ich eine andere Methode eingeschlagen, von welcher ich mir mehr Erfolg verspreche. Das Ohr ist zum Hören da. Wenn also Veränderungen am Ohr zum Zwecke des Hörens vorkommen, so werden sich dieselben auch wieder auf akustischem Wege am leichtesten entdecken lassen. Ich prüfe also die Resonanz des Ohres für verschiedene Töne, wenn ich verschiedene andere Töne fixire. Doch dürften die Versuche längere Zeit noch in Anspruch nehmen.

Aus unserer Betrachtung hat sich ergeben, dass die allgemeine rein theoretische Betrachtung des Gehörorgans auch meist nur ganz allgemeine Folgerungen zulässt. Mehr will die Theorie nicht sagen, ausser gegen Vorweisung specieller Werthe der Erfahrungsconstanten. Die Theorie führt also consequent zum Experiment.

Das Ohr muss Stück für Stück experimentell geprüft werden. Unerlässlich wird es hierbei sein, die Experimente an anatomischen Präparaten durch solche an willkürlich construirten physikalischen Instrumenten zu unterstützen. Das letztere gedenke ich demnächst in ähnlicher Weise zu thun, wie ich es für die Theorie des Kymographions ausgeführt habe. Was aber erstere Arbeit betrifft, hat Herr Dr. Politzer versprochen, dieselbe in Gemeinschaft mit mir durchzuführen. Wir haben zunächst vor, nach genauen geodätischen Methoden die Bewegungen am Gehörorgane zu untersuchen, welche bei Aufnahme verschiedener Töne auftreten.

XXIII.

Ueber die mikroskopischen Elemente, welche den Schirmmuskel der *Medusa aurita* bilden.

Von

Ernst Brücke [1]).

Nach den Untersuchungen von Max Schultze besteht der Schirmmuskel der *Medusa aurita* aus quergestreiften kernlosen Faserzellen (Müller's Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin. Jahrg. 1856, S. 314. Abbild. Tab. XI, Fig. 4 und 5). Später machte Virchow auf der 34. Versammlung der Naturforscher und Aerzte Mittheilungen über denselben Gegenstand. Der betreffende Bericht sagt: „Redner stimmt mit Schultze dahin überein, dass dieselbe (die Muskellage, welche den Schirm auskleidet) aus quergestreiften Elementen besteht; übrigens gelang es ihm, kernhaltige Fasern zu sehen, die sich gegen den Rand hin oft deutlich isolirten."

Ich habe während eines Ferienaufenthaltes in Stralsund Musse und Material gefunden, um über die Differenz in den Angaben der beiden genannten ausgezeichneten Beobachter einige Aufklärung geben zu können.

Die eigentliche contractile und quergestreifte Substanz hat im Allgemeinen die Form von schmalen, an den Enden in Spitzen aus-

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

laufenden Bändern. Es ergiebt sich aus dieser Bezeichnung schon, dass sie niemals drehrund, sondern immer abgeplattet sind; im übrigen aber ist ihre Form im höchsten Grade veränderlich.

Sie laufen an den Enden bald in eine, bald in mehrere Spitzen aus, bald sind sie breiter, bald schmäler, bald haben sie in ihrem Verlaufe Spalten oder Fenster von länglicher Form, bald vermisst man dieselben. In diesen quergestreiften Bändern von contractiler Substanz liegen niemals Kerne. Längliche knotenartige Anschwellungen, welche auf den ersten Anblick den Verdacht erregen, als ob sie von eingelagerten Kernen herrührten, erweisen sich bei näherer Untersuchung als das Resultat localer Contractionen. Sie sind an einzelnen Stellen und Exemplaren sehr zahlreich vorhanden, während sie an anderen gänzlich fehlen. Die Querstreifen sind an ihnen, so viel ich gesehen habe, nicht erkennbar, aber sie unterscheiden sich im Brechungsindex nicht von der übrigen contractilen Substanz und es ist kein Contour eines Kernes in ihnen aufzufinden. Die länglichen Fenster könnten den Verdacht erwecken, dass in ihnen ursprünglich Kerne gelegen hätten, die nachher geschwunden wären; aber die Ungleichheit dieser Fenster in Rücksicht auf Gestalt und Vorkommen verleiht einer solchen Annahme wenig Wahrscheinlichkeit. Man muss desshalb in der That mit Max Schultze die histologischen Elemente des Schirmmuskels für kernlos erklären, wenn man die beschriebenen quergestreiften Bänder oder Platten als die ganzen Faserzellen ansieht. Ich glaube aber nicht, dass diese Ansicht die richtige sein würde. An jeder der Platten haftet, wenn sie aus doppeltchromsaurem Kali isolirt werden, der Länge nach eine Portion einer anscheinend gelatinösen, mit kleinen Körnchen erfüllten Substanz (sogenanntes Protoplasma), die irgendwo in ihrem Verlaufe einen ellipsoidischen Kern mit deutlichem Kernkörperchen einschliesst. Nach allem was ich über die Entwickelung der *Sarcous elements* in den Muskelfasern der Wirbelthiere beobachtet habe, muss ich diesen Kern für den der Faserzelle halten. Wenn man an Schweineembryonen die Entwickelung der Herzmuskelfasern beobachtet, so sieht man in spindelförmigen Zellen von aussen nach innen Quer- und Längsstreifen entstehen, indem sich die äussere Partie des Zellenleibes in *Sarcous*

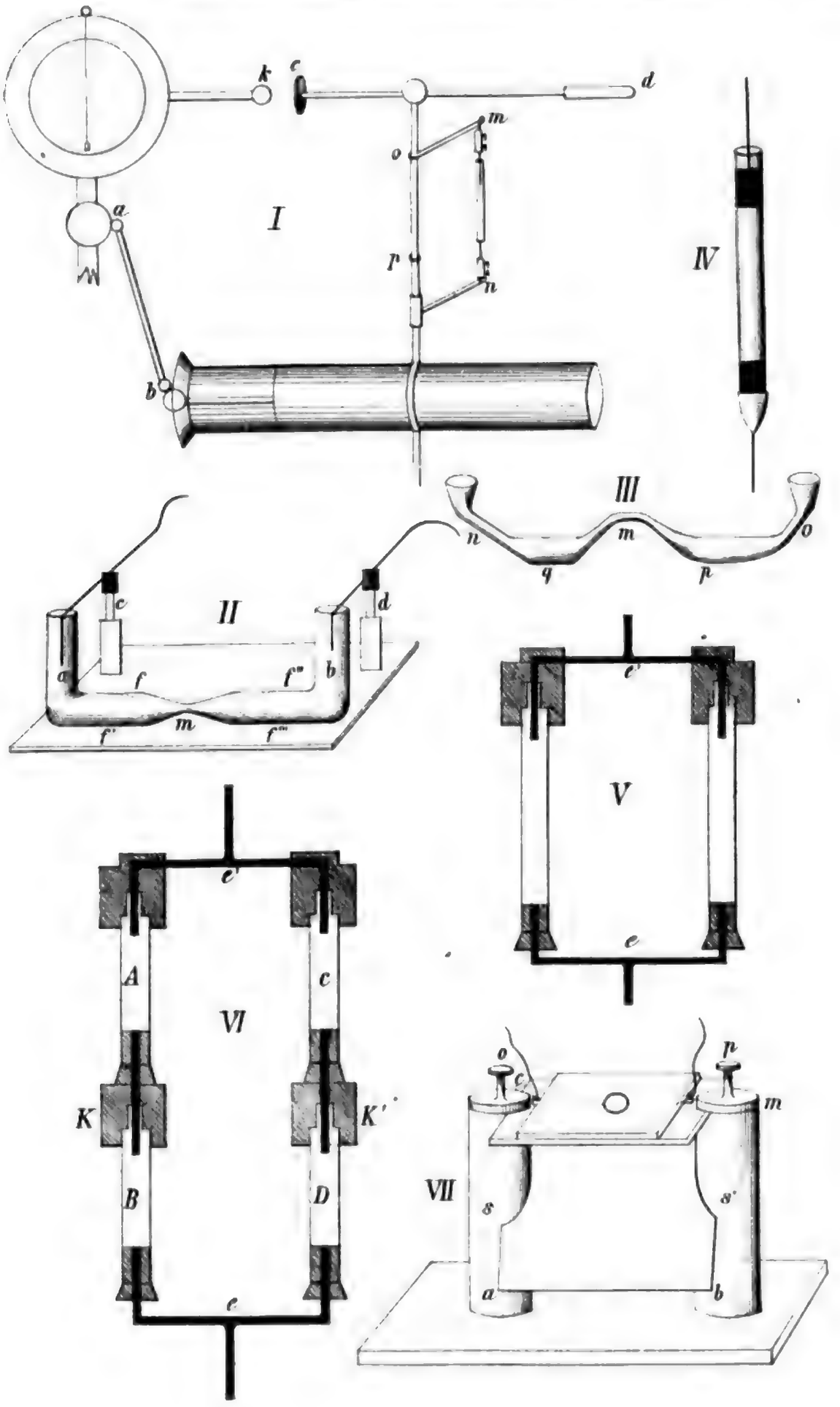
elements und Zwischensubstanz differencirt, während in der Mitte der Kern und mit demselben eine geringe Menge von sogenanntem Protoplasma unverändert bleibt. Ich hatte schon vor einer längeren Reihe von Jahren (im Winter 1854/55) Gelegenheit dies zu sehen, als Dr. Purcell O'Leary, jetzt Professor in Cork in Irland, sich in meinem Laboratorium mit der Entwickelung der Muskelfasern beschäftigte. Er hat seine Resultate damals nicht veröffentlicht, während mich spätere Untersuchungen gelehrt haben, dass diese, sich über einen grösseren oder geringeren Theil des Zellenleibes erstreckende Metamorphose die einzige Thatsache ist, welche, so weit meine Erfahrung reicht, ausnahmslos bei der Entwickelung aller quergestreiften Muskelfasern wiederkehrt, während sonst in Rücksicht auf Entwickelung und Wachsthum mannigfache Unterschiede stattfinden, so dass die verschiedenen Angaben der verschiedenen Beobachter keineswegs allein aus verschiedenartigen Deutungen und Anschauungen herzuleiten sind, sondern wirklich auch in der Verschiedenheit der von ihnen untersuchten Objecte ihre Berechtigung finden. Betrachte ich nun die quergestreiften Platten, aus denen der Schirmmuskel zusammengesetzt ist, so erscheint mir jede derselben mit dem ihr anhaftenden Protoplasma und dem darin eingeschlossenen Kerne als eine Faserzelle, bei welcher die Metamorphose zu quergestreifter contractiler Substanz einseitig und nicht, wie beim Herzmuskel der Säugethiere, rings um den Kern stattgefunden hat. Ich habe auch oft längere Fasern gefunden, bei denen das anhaftende Protoplasma mehr als einen Kern enthielt, aber bei der Schwierigkeit sicher zu isoliren habe ich nie die Gewissheit gehabt, dass ich nicht ein aus mehreren aneinanderhaftenden Faserzellen bestehendes Gebilde vor mir sah.

Zwischen den den contractilen Platten anhaftenden Protoplasmamassen liegen noch andere Zellen, bestehend aus, so viel ich ermitteln konnte, membranlosen Klümpchen desselben Protoplasmas mit den zugehörigen von demselben eingeschlossenen Kernen. Ob diese Gebilde während des Wachsthums des Thieres zu neuen Faserzellen auswachsen, welche sich zwischen die alten drängen, oder ob sie einem anderen als dem contractilen Systeme angehören, habe ich bis jetzt nicht ermitteln können.

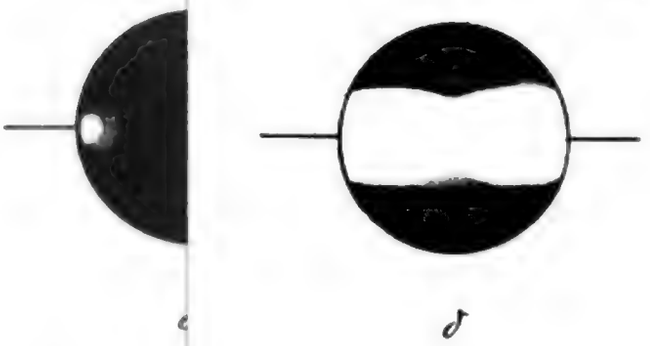
Ich habe sowohl an ganzen als an zerschnittenen Exemplaren der *Medusa aurita* beobachtet, dass jede Contraction nach einem bestimmten Typus erfolgt, indem sie sich stets vom Centrum gegen die Peripherie ausbreitet. Ingleichen sieht man deutlich an der Bewegung einzelner ausgeschnittener Stücke, dass dieselbe, wie dies auch schon die früheren Beobachter angegeben haben, nur von der so eben beschriebenen unmittelbar unter dem Epithelium liegenden Lage von Faserzellen ausgeht und die eigentliche Gallertscheibe sich dabei passiv verhält.

Alles, was ich in dem Obigen über die Natur der Muskelfasern gesagt habe, gilt nur vom Schirmmuskel. Die übrigen beweglichen Gebilde, die Fangarme, die Randfäden (sogenannte Randfühler) und der contractile Saum, verdanken ihre Bewegung wesentlich anders beschaffenen contractilen Gebilden, welche ich bis jetzt noch nicht mit hinreichender Sicherheit habe untersuchen können, weil es zu schwierig ist, die einzelnen histologischen Elemente im wohlerhaltenen Zustande zu isoliren.

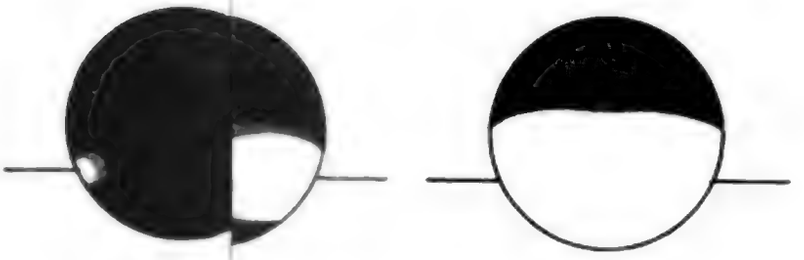
Rollett. Über die Wirkung des Entladungsstromes auf das Blut. Taf I.



Taf. II.



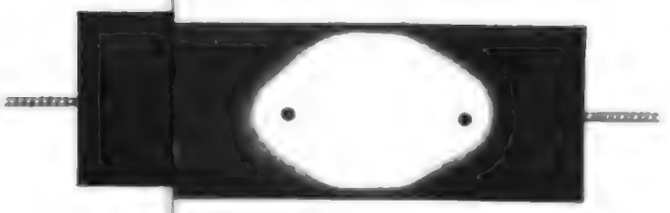
δ



α'

ε'

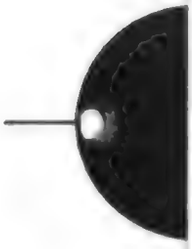
δ''

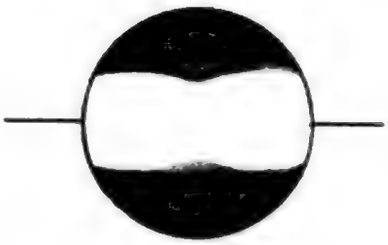


γ'''

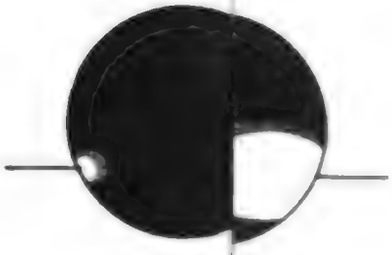
Digitized by Google

Taf. II.

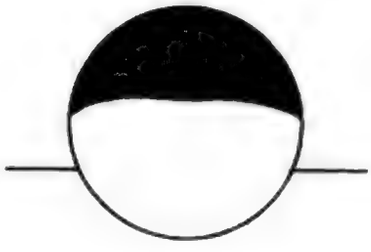




δ

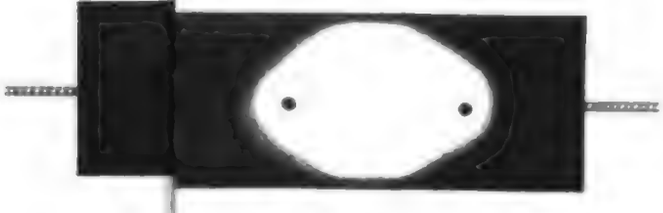


α'



ε'

δ''



γ'''

Digitized by Google

XXIV.

Ueber die Funktion des Kehldeckels.

Von

M. Schiff

in Florenz.

Ueber die Funktion der Epiglottis während des Schluckens herrschen unter den Physiologen noch keineswegs klare und übereinstimmende Vorstellungen. Die alte Ansicht, nach welcher die zu verschlingende Substanz selbst, beim Durchtritt durch den Schlundkopf, die federnde Epiglottis auf die Stimmritze niederdrücken und sich dadurch den Weg in den Kehlkopf versperren sollte, ist zwar jetzt allgemein verlassen. Man weiss dass der Verschluss des Larynx beim Schlingen ein selbsständiger, durch das Zusammenwirken verschiedener Bewegungen erzeugter, Akt ist und man kann beweisen, dass dieser ganze Akt in keiner direkten Abhängigkeit vom Druck und der mechanischen Gewalt der zu verschlingenden Masse steht. Schon ehe der Speiseballen bis über den Kehlkopf gelangt ist, hebt, schliesst und verbirgt sich der letztere unter die nach hinten und oben sich emporwölbende Zungenbasis, welche den Kehldeckel wider die Stimmritze andrängt. Der Kehldeckel wird auf diese Weise wider den Kehlkopf gedrückt, se[illegible]enn diejenigen Muskeln nicht entwickelt sind, die — nach Czermak — sein Herabdrängen durch

eigene Bewegung unterstützen. Wenn aber beim Schlucken die Epiglottis den Kehlkopf bedeckt, ist: 1) Die Stimmritze bereits durch einen eigenen, von den Muskeln des Kehlkopfes selbst unabhängigen Mechanismus geschlossen. 2) Die obern Ränder des Kehlkopfes und die sie seitwärts begränzenden „birnförmigen Gruben" durch die über sie hingewölbte Zungenbasis beschützt, so dass der Bissen vom hintern Theil des Zungenwulstes direkt in den angenäherten Pharynx übergeht, ohne mit dem obern Theil des Kehlkopfs und mit dem ihn bedeckenden Theil des Kehldeckels in Berührung zu kommen. Erscheint auf diese Weise der Kehldeckel nicht ganz überflüssig? Wie kann der Kehldeckel die Glottis gegen die Speise beschützen, wenn letztere gar nicht einmal mit ihm in Berührung kommt, ausser etwa an den Rändern, die den Kehlkopf nicht mehr bedecken, sondern über ihn hinausragen.

Es ist nur die Frage, ob die Bedeckung durch die Zungenwurzel den Kehldeckel, wie gegen die festeren Speisen, auch gegen die Berührung mit den zu verschluckenden Flüssigkeiten schützt. Der eigentliche Strom der Flüssigkeit geht sicher nicht direkt über ihn hin, es könnten aber beim Schlucken einige Tropfen aus dem Schlingkanale nach vorn in die enge Furche zwischen Zungenwurzel und Kehldeckel gedrängt werden und so die obere Fläche des letzteren benetzen. Dies würde den Nutzen des Kehldeckels, wenigstens beim Verschlingen der Getränke, begreiflich machen.

Einen grossen, sehr fügsamen Hund mit Magenfistel gewöhnte ich, sich die Zunge bei weit geöffnetem Munde soweit hervorziehen zu lassen, dass man gut die Zungenbasis und den aufwärts gerichteten Kehldeckel sehen konnte. Dann wurde demselben, bei halb geöffnetem Munde und mässig nach aufwärts gerichtetem Kopf, eine Quantität mit Zucker versetzter, sehr stark braunschwarz färbender Alizarintinte auf das vordere Drittheil der Zunge gegossen, deren Rücken dem Gaumen genähert war. Das Thier wird sogleich unruhig und indem es sich meiner Hand entzieht, macht es eine Schluckbewegung, bei der es den Kopf etwas schüttelt. Einige Tropfen Tinte fallen auf den Boden, einige Tropfen spritzen seitwärts. Der Hund wird nun sogleich wieder gefasst und die Zunge bei stark geöffnetem Maule

hervorgezogen. Zunge und Gaumen stark schwarzbraun. Die Färbung wird etwa 2 Centimeter über der Zungenwurzel schwächer und mehr nach hinten verliert sie sich auf der Zunge allmählig, so dass die hinterste Zone der Zunge etwa in der Breite von 10 bis 12 Millimeter gar keine Färbung mehr erkennen lässt. Der Kehldeckel ist ganz ungefärbt. Der eigentliche Schlingkanal ist überall schwarzbraun, so weit er vom Munde aus zu übersehen ist. Die sogen. birnförmigen Gruben sind nur in ihrem hintersten Theile gefärbt, da wo sie die Länge der Stimmritze überragen. Die Untersuchung durch die Magenfistel zeigt, dass der beträchtlichste Theil der Flüssigkeit verschluckt worden ist.

Der Versuch gibt immer den angegebenen Erfolg, sobald es gelingt, die Rachenhöhle, ohne Sträuben des Thieres, ganz unmittelbar nach dem Verschlucken der in den vorderen Theil des Mundes geschütteten Flüssigkeit zur Anschauung zu bringen. Ist dies nicht möglich und hat man nach der Beförderung der Flüssigkeit nur eine Zeit von 6 bis 8 Secunden verloren, so sieht man zwar immer den Kehldeckel noch ungefärbt, aber der hinterste Rand der Zungenbasis hat bereits eine wenn auch sehr schwache, Färbung angenommen. Wartet man noch etwas länger, so sieht man in vielen Fällen auch eine ganz schmale gefärbte Linie genau an der Anheftungsstelle des Kehldeckels, in der durch sie gebildeten Furche, während die ganze freie nach oben ragende Fläche der Epiglottis immer noch ungefärbt ist.

Ist aber der Hund ungelehrig, sträubt er sich viel beim Hervorziehen der Zunge, so kann man selbst auf der Oberfläche der Epiglottis, in der Nähe der Mittellinie, einen oder zwei unregelmässige, gefärbte Längsstreifen wahrnehmen. Es ist klar, dass diese Streifen gerade am erhabensten Theile der Epiglottis nicht vom Darüberhinfliessen einer Flüssigkeit herrühren, da gerade die niedrigeren Seitenpartien ganz ungefärbt sind. Manchmal aber sieht man, wenn das Thier erst nach Eröffnung des Mundes Bewegungen macht, diese Streifen unter seinen Augen entstehen. Die aufrecht stehende Epiglottis des Hundes ist so lang, dass sie selbst bei schwach gehobenem Zungenbein ziemlich weit in den Ausschnitt des vor ihr herab-

hängenden weichen Gaumens hineinragt. Hebt sich das Zungenbein mehr, so berührt der weiche Gaumen seitwärts die Zungenwurzel, während sich die Epiglottis so in den mittleren Ausschnitt anlegt, dass diese Theile zusammen eine Scheidewand bilden, welche für das Auge den hintersten Theil der Mundhöhle vollständig sowohl von der Nasen- wie von der Rachenhöhle abschliesst. Macht nun der zu untersuchende Hund abwechselnde Bewegungen des Zungenbeins ehe es gelungen ist, die Epiglottis durch Herabdrängen der Zungenwurzel vor den weichen Gaumen zu bringen, so reibt sich dabei die obere Fläche des Kehldeckels mit ihren hervorspringenderen Kanten häufig am untern hintern Rande des weichen Gaumens. Durch diese Reibung sahen wir die Färbung, die letzterer von der eingeschütteten Flüssigkeit angenommen hatte, in Form eines oder zweier unregelmässiger Längsstreifen dem Kehldeckel sich mittheilen. Dies war besonders deutlich in einem Falle, in welchem die Flüssigkeit kleine gelatinöse Gerinnsel enthielt. Ein solches Koagulum, welches bei Eröffnung der Rachenhöhle dem weichen Gaumen anklebte, sahen wir nach mehreren Bewegungen des Thieres auf die Epiglottis übergehen.

Wir sehen also als wesentliches Resultat, dass beim Hunde, während des Schluckens einer in den vorderen Theil des Mundes eingeschütteten Flüssigkeit der hinterste Rand der Zungenbasis und die Epiglottis nicht benetzt werden; obgleich diese Theile später, nach dem Schluckakte, nach Umständen noch etwas von der im Munde zurückgebliebenen Flüssigkeit annehmen können. Dass die Verhältnisse sich anders gestalten, wenn man dem auf dem Rücken liegenden Thier die Flüssigkeit in den Rachen schüttet, habe ich schon vor vielen Jahren in meinem zweiten Aufsatz über die Lungenveränderung nach Vagusdurchschneidung (1849) erläutert.

Auch für den Menschen stützen bereits bekannte Versuche die Ansicht, dass die Epiglottis nicht während des Schlingens direkt von den Speisen und Getränken berührt werde, und man hat daher mit Recht die Frage aufgeworfen, ob der Kehldeckel überhaupt einen Einfluss auf den regelmässigen Verlauf des Schluckens ausübe.

Magendie glaubte diese Frage nach seinen Versuchen absolut

verneinen zu dürfen. Er sah Hunde, denen er den Kehldeckel ausgeschnitten, ohne die geringste Störung sowohl feste Nahrung als Getränke verschlucken, und gibt an, auch bei Menschen, denen der Kehldeckel vollständig zerstört war, keinerlei Schlingbeschwerden beobachtet zu haben. Frühere entgegengesetzte Beobachtungen bei Menschen glaubt er durch Komplikationen des krankhaften Zerstörungsprozesses im Larynx oder im Schlundkopf erklären zu können. (Mémoire sur l'usage de l'épiglotte dans la deglutition par M. Magendie, Paris 1813).

Reichel (de usu épiglottidis, Berolin. 1816) suchte Magendie entgegen die herkömmliche Ansicht zu stützen, indem er behauptet, bei Wiederholung der Versuche stets Schlingbeschwerden, besonders beim Trinken, beobachtet zu haben.

Longet endlich, (Recherches expérimentales sur les fonctions de l'epiglotte, Paris 1841) gibt an, dass sechs Hunde, denen er die Epiglottis vollständig exstirpirt habe, feste Nahrung zwar leicht und ohne alle Beschwerden verschluckten. Aber, sagt er, „il n'en est pas de même des liquides, dont la deglutition est suivie d'une toux convulsive." Longet fügt hinzu, dass unvollständige Abtragung des Kehldeckels, wenn auch nur ein kleiner Theil desselben zurückgeblieben sei, diesen Erfolg nicht habe und das Trinken nicht störe. Den heftigen Husten beim Trinken hat Longet übrigens auch noch drei Monate nach der Operation beobachtet, und er glaubt, dass auch die Beobachtungen am Menschen darin übereinstimmen, den Schutz der Luftwege bei und nach dem Verschlucken von Flüssigkeiten dem Kehldeckel zuzuweisen.

Eigene Versuche.

Magendie und Longet haben die Exstirpation des Kehldeckels vorgenommen, nachdem sie denselben am Halse durch einen Schnitt zwischen Schildknorpel und Zungenbein blosgelegt hatten. Es werden hierbei Muskeln beeinträchtigt, die beim Schlucken eine wichtige Rolle übernehmen und man muss, ehe die eigentlichen Versuche beginnen können, jedenfalls die Heilung der blutigen Operationswunde abwarten.

Wir haben uns eines einfacheren, fast unblutigen Verfahrens bedient. Grosse Hunde wurden tief artherisirt, der Mund wurde weit geöffnet; bei hervorgezogener Zunge wird der Kehldeckel mit der Pinzette, oder bei sehr grossen Thieren mit dem Finger gefasst. Ein scharfer stark gekrümmter Haken wird jetzt durch die Epiglottis gebohrt, und letztere soweit in die Höhe und etwas nach vorn gezogen, dass man den Rand des Schildknorpels sieht, während ein mit der andern Hand eingeführtes Messerchen den Kehldeckel dicht über diesem Rande abschneidet. Im ersten Momente nach der Operation sammelt sich eine kleine Quantität Blut in der Rachenhöhle, man lässt darum das Thier, so lange es noch gefühllos ist, auf der Seite liegen, damit das Blut sich seitwärts von der Stimmritze sammele. Sobald das Gefühl zurückkehrt, wird das Blut verschluckt, und wenn man jetzt den Mund aufsperrt und die Zunge etwas niederdrückt, sieht man in der Tiefe sehr schön die Athembewegungen der obern Stimmbänder, und man kann schon im Leben erkennen, ob man, wie ich zwei Male absichtlich that, einen Rest der Basis des Kehldeckels zurückgelassen hat.

Alle folgenden Versuche sind, wo nicht ausdrücklich das Gegentheil bemerkt ist, an mehreren Thieren und an jedem derselben mehrmals mit stets gleichem Erfolge angestellt worden. Das Resultat war dasselbe in den ersten Tagen bis in die zweite und dritte Woche nach der Operation. Länger wurden die Thiere nicht beobachtet.

Unvollständige Ausschneidung des Kehldeckels, mit Zurücklassung eines längern oder kürzeren medianen Restes, hat, wie ich übereinstimmend mit Longet bemerkte, durchaus keinen Einfluss auf das Verschlucken fester und flüssiger Nahrungsmittel. Ob eine solche Verstümmelung auf die Dauer und Intensität des nach dem Erbrechen auftretenden Räusperns einen Einfluss hat, war nicht mit Bestimmtheit zu ermitteln, da dieses Räuspern auch bei gesunden Thieren vielfachen Schwankungen unterliegt. Doch schien mir bei einem Hunde, bei welchem vor der Operation mehrmals, nach Verabreichung von *Tartarus emet.* mit *Ipecacuanha,* das Räuspern sehr schwach, fast unmerklich, war, derselbe nach der Verstümmelung des

Kehldeckels stärker und intensiver zu sein, wenn der Hund einen sehr flüssigen Brei erbrach.

Vollständige Ausschneidung des Kehldeckels lässt, wie Magendie und Longet mit Recht angeben, das Verschlucken fester Nahrung durchaus und unter allen Umständen unbehindert.

Gibt man den Hunden Wasser, so trinken sie ganz wie gesunde Thiere, sie trinken ununterbrochen, athmen dazwischen und trinken weiter bis sie gesättigt aufhören. Aber kurze Zeit (8 bis 40 Sekunden) nach dem Aufhören zeigt sich ein 2 bis 4 Male hintereinander wiederholtes schwaches Hüsteln, bei welchem hie und da sehr wenige und kleine Tropfen Flüssigkeit aus dem Munde gespritzt werden. Die Thiere zeigen aber vor dem Hüsteln und während desselben keine Spur von eigentlichem Unbehagen. Das Hüsteln hat nichts vehementes, konvulsivisches, wie man es nach Longet's Angaben erwarten sollte. Der Hund ist nach demselben so munter wie vorher und die ganze Erscheinung könnte leicht von denjenigen ganz und gar übersehen werden, welche nach Exstirpation der Epiglottis eingreifendere Symptome erwarten. Hieraus erklären sich vielleicht Magendie's Angaben.

Niemals wurden die Hunde von dem erwähnten Hüsteln während des Trinkens unterbrochen, mochten sie es auch noch so lange fortsetzen.

Für diese Erscheinung bietet sich eine einfache Erklärung. Während des Schluckens kommen der Gaumen und die Zungenbasis, die hintere und die vordere Wand des Schlundkopfes sich überall bis zur Berührung entgegen und treiben so den Bissen oder die Flüssigkeit weiter. Nur die Furche, welche an der Vorderwand des Schlingkanales zwischen dem Zungenwulst und dem hintersten Theile der obern Kehldeckelfläche bleibt, ist so tief, dass sie von der fast ebenen gegenüberliegenden Pharynxwand nicht vollständig erfüllt werden kann. Die hier bleibende Lücke ist nun zwar zu klein, als dass der durch zähen Speichel zusammengeklebte Bissen fester Nahrung hier Reste zurücklassen könnte, auch von zähen Flüssigkeitsmassen kann sich hier kaum etwas abstreifen. Werden aber wenig kohärente Flüssigkeiten verschluckt, so lösen sich hier leicht einige Tropfen ab und bleiben in der Furche zurück.

Beobachtungen an zwei sehr fügsamen grossen Hunden bestätigen diese Angaben. Sie wurden auf einen hohen Tisch gestellt, und sobald sie eine Portion Flüssigkeit (Wasser oder Milch) scheinbar vollständig verschluckt hatten, wurde ihnen augenblicklich der Kopf nach unten gesenkt, und aus dem weit geöffneten Maul die Zunge hervorgezogen. Ihre Mitte wurde mit dem Finger deprimirt, so dass man über den Kehldeckel hinweg, bis an die hintere Pharynxwand sehen konnte. Die Mundhöhle barg keine Flüssigkeit mehr, ausser an der hintern Hälfte der Zunge, von wo aus, bei der dem Kopf ertheilten Stellung einige Tropfen sehr langsam gegen die Mitte der Zunge und endlich gegen deren Spitze flossen.

Die Quantität der an der angegebenen Stelle zurückbleibenden Flüssigkeit ist so gering, dass sie, über die ganze Breite der Zunge vertheilt, nirgends mächtig genug ist, sogleich einen neuen Schluckreiz zu erregen. Die Mundtheile begeben sich wieder in ihre normale Lage und die Flüssigkeit fliesst langsam von der dem hinteren Theil des Zungenwulstes entsprechenden Stelle gegen den Grund der Zungenbasis und den *sinus glossoepiglotticus*.

Daher erklärt es sich, dass wenn in den oben erzählten Versuchen mit der gefärbten Flüssigkeit der hinterste Theil der Zungenbasis, der beim Schlucken fest der Epiglottis angedrückt vor der Färbung geschützt war, dennoch gefärbt gefunden wurde, wenn die Untersuchung nur etwas zu lange zögerte.

Von der Zungenbasis nach hinten und abwärts findet die Flüssigkeit in der vorspringenden Epiglottis ein Hinderniss, welches sie von der Mittellinie ablenkend, seitwärts in den beiden engern *sinus pyriformes* neben dem Larynx zusammendrängt. Hier sammelt sich die herabrinnende Flüssigkeit so lange an, bis sie mächtig genug wird, einen lokalen Reiz auszuüben. Schwache mechanische Reizung der *sinus pyriformes*, wie überhaupt der benachbarten Theile ausserhalb der Höhle des Larynx, erzeugt, wie ich mittelst einer Sonde öfters nachgewiesen habe, Schluckbewegungen. Stärkere oder nachhaltigere Reize derselben Stellen erregen hingegen Brechbewegungen. Im angegebenen Falle, wo der Reiz sich allmählig häuft, entsteht

Schlucken, welches den Inhalt der *sinus pyriformes* in den Schlund entleert.

Gewiss haben schon Viele an sich selber die Bemerkung gemacht, obgleich ich dieselbe nirgends aufgezeichnet finde, dass ganz kurze Zeit nachdem wir viel oder wenig Flüssigkeit getrunken haben, wenn Mund und Rachen schon ganz leer zu sein scheinen, ganz regelmässig noch einmal eine nachträgliche Schluckbewegung folgt. Dieses nachträgliche, scheinbar leere Schlucken fehlt nie, wie ich wenigstens bei mir und 5 andern Personen in einer Reihe von Beobachtungen ermittelt habe. Wir können es bei einiger Aufmerksamkeit absichtlich unterdrücken oder hinhalten, dann haben wir aber das Gefühl, als sei uns noch etwas zu thun übrig, als hätten wir den Schluckakt noch nicht vollständig absolvirt. Auch bei Thieren findet sich immer dieses nachträgliche Schlucken, wenigstens bei Hunden und Katzen, und es stellt sich oft ein, nachdem sie sich schon vom Trinkgefäss entfernt haben. Man sieht es bei Hunden besonders deutlich, wenn man eine sehr leichte lange Nadel als Index durch die Haut bis auf den obern Rand des Schildknorpels gebohrt hat. Dieses nachträgliche Schlucken, welches verhältnissmässig so spät dem Trinken folgt, ist offenbar die Bewegung, welche der Ansammlung von Flüssigkeit in den *sinus pyriformes* ihren Ursprung verdankt.

Beim Mangel der Epiglottis wird die herabrinnende Flüssigkeit nicht seitlich in den *sinus pyriformes* bis zu solcher Mächtigkeit gesammelt, dass sie das Nachschlucken erregen muss. Ein Theil fliesst gerade herab gegen die Oeffnung des Larynx, und wird bei einer nachfolgenden Inspiration in den Vorhof der Glottis treten, wo wenige Tropfen schon genügen den schwachen Husten zu erregen, der sie wieder auswirft.

Schon in früherer Zeit hat man den Husten, der nach Exstirpation des Kehldeckels auf den Genuss von Getränken folgt, der Flüssigkeit zugeschrieben, die nach dem Verschlucken noch auf der Zunge zurückbleibt, ohne sich über den hier in Betracht kommenden Mechanismus genauere Rechenschaft zu geben.

Ist aber unsere Ansicht von diesem Mechanismus die richtige, so wird trotz des Mangels der Epiglottis das Hüsteln ausbleiben,

wenn wir, ehe die Flüssigkeit in den Vorhof der Glottis eingetreten, fast unmittelbar nach dem Trinken, eine neue Schluckbewegung erregen, welche die herabrinnenden Tropfen, die den Larynx bedrohen, von der Mitte der Zungenbasis verdrängt. Sicherer noch muss der Husten vermieden werden, wenn wir, statt einer einzigen, mehrere sich folgende leere Schluckbewegungen erregen.

Den Hunden die nach dem Trinken von Wasser das Hüsteln gezeigt hatten, wurde Milch in einer Schüssel gegeben. Wenn man während des Trinkens die Milch plötzlich wegzog, erfolgte nach kurzer Zeit dasselbe Hüsteln. Jetzt gab man ihnen die Milch zurück und liess sie trinken bis das Gefäss leer war. Das Hüsteln fehlte. Die Thiere beleckten nach dem Trinken noch den Boden des Gefässes, und erzeugten so noch mehrmals nachträgliche Schluckbewegungen.

Zweien dieser Hunde wurde Wasser gegeben, und einem derselben, sobald das Wasser getrunken war, ein kleines Stückchen Fleisch in das Gefäss geworfen. Dieser hüstelte nicht, während sich beim andern der gewöhnliche Effekt der Operation zeigte.

Den Hunden wurde Milch gegeben, und als sie zu trinken angefangen, wurde durch Druck auf den Kopf ihre Schnautze für einen Augenblick in die Milch getaucht. Dies hinderte sie nicht ungestört weiter zu trinken. Nachdem sie noch einige Schlucke gethan, wurde die Milch plötzlich weggenommen, diesmal aber ohne jenes Hüsteln, welches sonst auf das plötzliche Wegnehmen regelmässig folgte. Die Thiere leckten ihre nasse Schnautze ab und ersetzten dadurch die nachträgliche Schluckbewegung.

Gab man den Hunden eine mässige Quantität Wasser, auf dessen Grund ein Knochen lag, so hüstelten sie nicht. Hingegen erfolgte bei einem derselben das Hüsteln, wenn man ihm Milch, aber in so grosser Menge gab, dass er dieselbe nicht bis zu Ende trank.

Den Hunden wurde 12 Stunden lang das Wasser entzogen. Darauf bekamen sie eine mässige kleine Quantität desselben; der eine in einem flachen Gefässe, der andere in einem lang trichterförmigen, dessen Höhlung nach unten spitz zulief. Der erstere hustete nach dem Trinken, aber der letztere, der zuletzt das Wasser nicht mehr

gut erreichen konnte und daher leer schluckte, hustete nicht. Den andern Tag wurde derselbe Versuch wiederholt, aber die Rollen umgekehrt, so dass der erstere Hund jetzt den Trichter bekam und der letztere husten musste.

Bei noch mehrfacher Wiederholung dieser Versuche kam es einmal vor, dass beide Hunde nicht husteten, aber die Quantität des verabreichten Wassers war in diesem Falle wohl viel zu klein genommen worden, so dass beide nach dem Trinken noch das Gefäss beleckten.

Es ist überflüssig hier im Detail zu erzählen, wie ich diese Versuche noch weiter variirte. Als konstantes Resultat zeigte sich, dass der Verlust der Epiglottis auch das Trinken der Hunde ganz ungestört lässt, wenn nach dem Trinken noch Bewegungen der Schlingorgane das nachträgliche Schlucken in so fern ersetzen, als sie die Flüssigkeit, die der Zungenbasis noch anhaftet, verdrängen.

Hunde leben übrigens nach Verlust der Epiglottis auch ohne alle Vorsichtsmassregeln im besten Wohlsein unbegränzt fort und das erwähnte Hüsteln wird auch kaum heftiger, wenn man ihnen statt Wasser oder Milch, ziemlich stark gesalzene Fleischbrühe gibt.

Die hier mitgetheilten Thatsachen stehen nicht ganz im Einklange mit den Aussprüchen der menschlichen Pathologie, welche nach Zerstörung des Kehldeckels sehr verschiedenartige Erfolge gesehen hat. Man hat, so scheint es, Unrecht gehabt, die an Thieren in der hier aufgeworfenen Frage erlangten Resultate unmittelbar auf den Menschen übertragen zu wollen, da der Mechanismus des Schluckens von Flüssigkeiten beim Menschen ein etwas verschiedener ist.

Sehen wir ganz von dem Umstande ab, dass beim Menschen die Krankheiten, welche den Kehldeckel zerstören, sehr oft auch die benachbarten mehr oder weniger beim Schlucken interessirten Gebilde verändern und so die Physionomie des Schluckaktes wesentlich modifiziren müssen, so wird ein auf die Epiglottis selbst beschränktes Leiden einen verschiedenen Erfolg haben, je nachdem die Epiglottis vollständig zerstört oder nur zum grossen Theile destruirt und dabei ulzerirt ist. Im letzteren Falle wird, — und dies haben die modernen Gegner der Magendieschen Anschauung sämmtlich

übersehen — die Störung des Schluckens nicht kleiner, sondern grösser sein müssen. Die Ulzeration begleitet nämlich sehr oft eine unregelmässige Schwellung, eine Verdickung der Seitenränder. Eine solche muss beim Schlucken den Larynx hindern, sich eng dem Zungenwulst anzulegen, sich unter der Zunge genügend zu verstecken. Der sich einschiebende Wulst wird die Furche zwischen Zunge und oberer Kehlkopffläche zu einer mehr oder weniger breiten Spalte machen, in welche flüssige und sogar festere Speisen beim Schlucken eingedrängt werden, so dass sie leicht den Vorhof des Larynx reizen können. Dies scheint die Fälle zu erklären, in welchen beim Menschen nach Zerstörung oder Ulzeration des Kehldeckels das Verschlucken aller Nahrung ohne Erstickungsanfälle oder heftigen Husten unmöglich war. Dass hier Flüssigkeiten leichter als feste Speisen eindringen müssen, ist begreiflich und findet seine Bestättigung in der öfter wiederholten Angabe, dass besonders das Trinken sehr erschwert gewesen sei. Man sieht, dass nach dieser Annahme der theilweise zurückgebliebene und veränderte Kehldeckel nicht der Schutz, sondern gerade die Ursache der Behinderung des regelrechten Schlukkens war.

Fälle, in welchen der vollständige Mangel des Kehldeckels ohne alle Schluckbeschwerden (beim Menschen) ertragen wurde, haben Guillelmini, Targioni und Magendie gesehen. Ob in anderen, z. B. den von Larrey in Folge von Schusswunden beobachteten Fällen, die Epiglottis wirklich vollkommen abgerissen war, lässt sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Hier existirten sehr grosse Beschwerden beim Trinken, und zwar im Gegensatz zu den von uns bei Hunden beobachteten Erscheinungen trat heftiger Husten und Erstickungsgefahr sogleich beim Anfang des Trinkens ein und erneuerte sich bei jedem Versuch Flüssigkeiten zu sich zu nehmen. Nehmen wir hier wirklichen Verlust des Kehldeckels an, so ist es nicht möglich eine ganz bestimmte Erklärung des Widerspruches zu geben, der zwischen diesen Beobachtungen und den vorher erwähnten herrscht. Ein Ausweg böte sich nur, wenn wir uns auf die beim Menschen vorkommenden individuellen Verschiedenheiten in der Art des Trinkens berufen wollten. Bei den Hunden und

den meisten andern Säugethieren, die mit gesenktem Kopfe trinken, wird die Flüssigkeit nie durch ihre eigene Schwere, sondern durch den Akt des Schluckens selbst in den Rachen befördert. Die Zungenwurzel, der *Isthmus faucium* und der Kehlkopf sind schon durch ihre, nach Beginn des Schluckens bereits eingenommene, Stellung darauf vorbereitet, die Flüssigkeit zu empfangen, resp. abzuhalten, noch ehe sie an dieselben herantritt. Der Mensch und einige Affen aber, die mit etwas erhobenem Kopfe trinken, thun dies nach zwei verschiedenen Modalitäten. Beim Trinken aus einem Glase oder einem Löffel schlürfen wir zwar gewöhnlich, wie Maissiat gezeigt hat, die Flüssigkeit ein, der Larynx ist dabei offen und in der ausgesprochensten Inspirationsphase, aber die Flüssigkeit gelangt so nur in den vordern Theil des Mundes, von wo aus sie wie bei Thieren auf die gewöhnliche Weise verschluckt wird. Hier kann Mangel des Kehldeckels keine andere Erscheinungen als bei Hunden bewirken. Andere Individuen aber — und zu diesen mögen vielleicht Larrey's zwei Soldaten gehört haben — begnügen sich nicht mit der geringen Quantität, die durch Schlürfen auf einmal oder allmählig in den Mund befördert wird, sondern sie lassen auch, das Gefäss erhebend und den Kopf etwas nach hinten beugend, einen Theil der Flüssigkeit durch ihre eigene Schwere in den Mund einfliessen. Die so aufgenommene Flüssigkeit senkt sich nach hinten in den *Isthmus faucium*, ehe noch eine eigentliche Schluckbewegung begonnen hat, und sie würde so, wenn sie die Epiglottis nicht wie ein Damm nach der Seite lenkte, theilweise in den zum Schlürfen geöffneten Larynx fliessen.

Dass Personen, welche auf diese Weise trinken — und man sieht deren sehr häufig — bei Verlust der Epiglottis noch vor dem ersten Schluck Hustenanfälle bekommen, ist begreiflich. Man begreift aber nicht, warum sie nicht, durch die ersten Zufälle belehrt, ihre Art zu trinken aufgeben. Ist etwa auch in diesen Dingen die Gewohnheit allmächtig?

Unter den niedern Säugethieren gibt es einzelne Abtheilungen, bei welchen es normal ist, dass der *Isthmus faucium* von der zu verschluckenden Flüssigkeit ohne Vorbereitung und vor der Schluckbewegung überrascht wird. Hierher gehören die Cetaceen denen beim

Erfassen der Nahrung stets sehr viel Wasser in den Mund dringt, und die Beutelthiere und Monotremen in der ersten Jugend. Die Jungen der letztgenannten zwei Ordnungen saugen nicht, sondern sie werden an die Zitzen geheftet und von Zeit zu Zeit spritzt ihnen die Mutter durch Zusammenziehung eines eigenen die Milchdrüse von hinten umfassenden Muskels (von dem wir hier Präparate der quergestreiften Fasern bewahren), Milch in den Rachen. Bei diesen Thieren muss also, wie bei jenen Säufern unter den Menschen, der Epiglottisapparat wesentlich mit zum Schutz der Luftwege beitragen. Aber dieser Apparat ist auch hier in der übermässigsten Weise entwickelt, indem sich zur starken Epiglottis noch der Vorsprung der Larynxknorpel in die Rachenhöhle gesellt. An den in den Sammlungen so häufigen Spiritusexemplaren säugender Beutelthiere lässt sich leicht diese merkwürdige Einrichtung präpariren und bestätigen. Die analoge bei den Cetaceen ist allgemein bekannt. Auch die von Wolff beschriebene eigenthümliche Form dieses Apparates bei der Fischotter ist hier in Betracht zu ziehen.

Da ich in diesem Aufsatze vom Nachschlucken gesprochen, so will ich gelegentlich noch eines andern Punktes aus der Pathologie desselben erwähnen. Dasselbe wird, wie wir gesehen, dadurch zu Stande gebracht, dass eine Schicht Flüssigkeit, welche auf der breiten Zungenwurzel nicht mächtig genug ist, Schlucken zu erregen, sich im engeren Raume der *sinus pyriformes* bis zu der Quantität ansammelt, in welcher sie als Reflex die Schluckbewegung hervorruft. Dieser Reflex setzt die Sensibilität der *sinus pyriformes* als Bedingung voraus. Er muss daher auch, trotz genügender Flüssigkeitsmenge, fehlen bei Anästhesie der *sinus pyriformes*. Sein Mangel aus dieser Ursache nun wird der Flüssigkeit gestatten, sich so weit anzusammeln, dass sie bei der Inspirationsbewegung endlich in geringer Menge überfliesst und in den Larynx eindringt. Hat dieser seine normale Sensibilität, so wird sogleich Husten entstehen. Experimentell erzeugen wir aber jene Anästhesie durch die Durchschneidung des *Nervus laryngeus superior*, welche zugleich die Empfindlichkeit des Larynx aufhebt. Die Flüssigkeit kann daher in den Luftwegen weiter hinab fliessen, bis sie an einen sensibeln Punkt der Luftröhre anlangt,

von wo aus sie erst Husten erregt. Man begreift, dass dieser Husten etwas heftiger ist, aber viel später nach dem Trinken eintritt, als das Hüsteln nach Exstirpation der Epiglottis. Auf diese Weise erklären sich also recht gut die von Longet bereits beschriebenen Erscheinungen nach der Resektion der *laryngei superiores*, und wir brauchen nicht mit Magendie anzunehmen, dass nach der erwähnten Operation der Glottis weniger gut als im normalen Zustande geschlossen werde, abgesehen davon, dass diese Magendiesche Annahme nicht erklärt, warum die Thiere nicht während des, noch so langen Trinkens, sondern nur nach demselben husten.

Uebrigens ist zu bemerken, dass der Husten nach Durchschneidung der Laryngei selbst ohne durch zufällige Verhältnisse erzeugtes Nachschlucken nicht ganz so regelmässig eintritt, wie die analoge Erscheinung nach Exstirpation des Kehldeckels. Ich sah ihn einige Male fehlen, wenn nur kleine Quantitäten Flüssigkeit gegeben wurden.

Es versteht sich von selbst, dass er ausserdem jedesmal durch früh genug künstlich erregtes Nachschlucken vermieden werden kann. Wir haben in dieser Beziehung einen Theil der Versuche wiederholt, deren Analoga wir oben für die Exstirpation der Epiglottis beschrieben haben.

XXV.

Neue Untersuchungen einiger bekannter mikroskopischer Testobjekte.

Von

M. Schiff

in Florenz.

Wichtig ist für den Mikrographen das Studium der mikroskopischen Testobjekte, nicht nur weil es ihn befähigt, den Werth der verschiedenen Objektive und der Beleuchtungsapparate zu beurtheilen, sondern auch weil es ihn am besten lehrt, die vielen Schwierigkeiten zu überwinden, welche sich dem mikroskopischen Sehen entgegenstellen, und Trugbilder von wirklichen Formen zu unterscheiden. Ein unschätzbares Mittel sind die verschiedenen Testobjekte in der Hand des Lehrers um das Auge der Schüler zu prüfen, zu bilden und zu üben. Die festen starren Formen dieser Körper sind so äusserst selten individuellen Abweichungen unterworfen, dass der Lehrer unbedingt verschiedene Exemplare desselben Testobjekts als Uebungsaufgabe unter seinen Schülern vertheilen, und sicher sein kann, dass die verschiedenen Resultate, welche sie ihm mittheilen, nur in einer Differenz der Untersuchungsmethode, nicht aber im Präparate selbst begründet sind. Ebenso ist es bei gemeinschaftlichen Demonstrationen sehr werthvoll, zu gleicher Zeit eine grössere Anzahl ganz gleichartiger Körper

in verschiedener Lage und in verschiedener Tiefe des Sehfeldes vor sich zu haben, indem dann die kurz- und weitsichtigeren unter den Schülern immer einzelne Exemplare des Gegenstandes herausfinden, für die ihr Auge ohne wesentliche Aenderung an der Mikrometerschraube akkommodirt ist, und weil die Verschiedenheit der Lage oft gestattet, gleichzeitig den Einfluss verschiedenartiger Beleuchtung auf die Erscheinungsweise des Objektes zu zeigen. Aber die vollkommene Gleichartigkeit des Gegenstandes, welche die Grundbedingung zur Benutzung auch dieser Vortheile bildet, wir suchen sie vergeblich, selbst bei den verschiedenen Formelementen eines und desselben histologischen Präparates, bei den verschiedenen Blutkügelchen eines und desselben Blutstropfens, bei den verschiedenen Primitivfasern desselben Nerven.

In der That hat sich mir jetzt schon gezeigt, dass diejenigen meiner Zuhörer, welche im Laufe des letzten Jahres an meinem vorbereitenden Cursus über die Testobjekte Theil genommen, sich in kurzer Zeit eine viel grössere Uebung im mikroskopischen Sehen erworben, als sie gewöhnlich durch mehrjährige Beschäftigung mit bloss histologischen Gegenständen erlangt wird.

Seit mir voriges Jahr der praktische Unterricht in der vergleichenden Histologie der Wirbelthiere am hiesigen naturwissenschaftlichen Institute übertragen worden, habe ich mich darum mit stets wachsendem Eifer mit dem Studium der Testobjekte beschäftigt, da natürlich nur die genaueste Bekanntschaft mit denselben es möglich macht, dieselben sowohl für die Lehrzwecke als zur Prüfung resp. Vervollkommnung der mikroskopischen Kombinationen zu benutzen.

Dass man auch in Deutschland die Nothwendigkeit fühlt, sich mehr als dies bisher geschehen ist, mit den Testobjekten zu beschäftigen, davon gibt die letzte treffliche Arbeit von Schacht ein erfreuliches Zeugniss. Die dritte schon 1862 erschienene Auflage seines Werkes über das Mikroskop und seine Anwendung, welche mir erst vor einigen Wochen zugekommen ist, enthält kurze auf eigenen Beobachtungen beruhende Beschreibungen und Abbildungen der bekanntesten Probeobjekte, und seine Schrift ist wohl das Neueste und Ausführlichste, was über diesen Gegenstand, wenigstens in Deutschland,

und so weit mir die Litteratur überhaupt bekannt geworden, erschienen ist. Dieser Umstand und die grosse Autorität, welche Schacht als scharfer Beobachter mit Recht geniesst, werden nicht fehlen, seinen Beschreibungen fast allgemeinen Eingang zu verschaffen, selbst da, wo man einigen seiner mehr theoretischen Anschauungen die Anerkennung versagen wollte. Dennoch und trotz der grossen Zahl vortrefflicher Instrumente, welche Schacht zu Gebote stehen, scheint mir derselbe nicht in alles Detail eingedrungen zu sein, welches uns die neueren Hülfsmittel zu erkennen erlauben. Ich wage es daher, in den folgenden Zeilen einige Zusätze zu den Schacht'schen Beschreibungen zu geben. Das anscheinend minutiöse derselben wird durch die vorstehenden Andeutungen über die Bedeutung der Probeobjekte seine Entschuldigung finden.

Wenn es mir gelungen sein sollte, Uebersehenes zu ergänzen und Irrthümer eines mir als Mikrographen so sehr überlegenen Mannes wie Schacht zu berichtigen, so bedenke man, dass das Verdienst dieser Arbeit weniger mir selbst angehört als den Herren Nachet und Amici, die mich in den Besitz eines trefflichen Instrumentes setzten, dem wohl wenige der jetzt existirenden und keines der mir bekannten an die Seite zu stellen sind. Zu einem für gerades Licht ganz vorzüglichen Mikroskope von Nachet lieferte mir Amici später einen vollständigen Apparat für schiefes Licht und einige sehr gute Objektive, Amici selbst kontrollirte mit mir eine Reihe der hier mitzutheilenden Beobachtungen und es war mir ferner gestattet, zum Theil unter seiner Anleitung und aus seinem eigenen reichen Linsenvorrathe, andere Objektive je nach meinem Bedürfnisse zu kombiniren. An dem Beleuchtungsapparate meines Mikroskopes suche ich jetzt noch fortwährend nach den von meinem verstorbenen Freunde mir hinterlassenen Vorschriften zu verbessern.

Auf die erwähnten Zusätze zu der Arbeit von Schacht wird sich dieser Aufsatz beschränken. Ich werde hier also nur diejenigen Testobjekte besprechen, die Schacht in seinem Werke behandelt hat, ich bereite aber jetzt eine andere mit Abbildungen versehene Abhandlung vor, welche alle von mir gebrauchten und die meisten der von Andern vorgeschlagenen Testobjekte ausführlich beschreiben wird.

Schacht beginnt mit der Schmetterlingsschuppe (von *Hipparchia Janira)*, die er, wie dies jetzt allgemein geschieht, als das leichteste Test betrachtet, das nur für relativ schwache Vergrösserungen tauglich sei. Die „Querlinien" dieser Schuppen, die vor noch nicht langer Zeit als einer der empfindlichsten Prüfsteine für die Güte eines grösseren Instrumentes betrachtet wurden, sieht Schacht bei schiefem Licht bei einer kaum 200maligen Vergrösserung. Diese Querlinien schildert er in Uebereinstimmung mit fast allen deutschen Mikrographen, als glatt gezogene Linien, die sich mit den leistenartig hervortretenden Längsstreifen kreuzen und gibt an, dass sich beide Liniensysteme in verschiedenen Schichten der Schuppe befänden. Wenn die Querstreifen nicht als scharfe Linien, sondern körnig und unterbrochen erscheinen, dann sei, glaubt Schacht, wie früher Schleiden und Mohl, das Objektivsystem mangelhaft. Unsere Linsensysteme erlauben uns Längs- und Querstreifen selbst bei ganz geradem Licht, bei einer etwa 110maligen Vergrösserung sichtbar zu machen. Die stärkeren und besten unserer Objektive zeigen aber, dass die auf allen Schmetterlingsschuppen angenommenen Querstreifen gar nicht wirklich existiren, sondern bei zu schwacher Vergrösserung oder mangelhafter Definition (Unterscheidungskraft) aus dem scheinbaren Ineinanderfliessen mehrerer in horizontaler Reihe stehender Flecke entstehen. Bei den meisten Exemplaren der Schuppen nicht nur der *Hipparchia Janira,* sondern fast aller inländischen Schmetterlinge, stehen auf dem Raume zwischen je 2 Längsrippen zwei runde, seltener schrägovale Punkte und auf jeder Längsrippe je ein breiterer Punkt der den beiden sie begränzenden Zwischenrippenräumen zugleich angehört, wie beistehende Figur (von *Vanessa Cardui* entnommen) schematisch zeigt. Die Längsrippen *a b* tragen also Reihen von Punkten und man sieht, dass Chevalier Recht hatte, wenn er, in Opposition mit allen Mikrographen, behauptete unter den besten Linsen sähen die Längsstreifen wie mit Knoten besetzt aus. Da, wo die Schuppen sich sehr verschmälern und sehr in die Länge gezogen sind, steht oft auf dem Zwischenrippenfelde nur ein Punkt statt zwei. Hingegen hat es mir nur ein Mal, bei *Papilio Podalirius,* geschienen

als könnte auch an breiteren Stellen sich die Zahl der Punkte um einen vermehren.

Diese Auflösung der „Querstreifen“ in deutlich geschiedene Punkte sieht man bei den vorzüglicheren Objektiven schon bei centraler Beleuchtung mit dem Hohlspiegel, oft aber und bei den schwierigsten Schuppen der kleinen *Polyommatus* und vieler Tinien ist es nöthig, das Licht in sehr schwach schiefer Richtung und zwar in rechtem Winkel gegen die Längsstreifen einfallen zu lassen. Eine der leichtesten Schuppen ist die von dem überall gemeinen *Pieris Rapae,* die schon bei einer guten 400maligen Vergrösserung erkannt wird, bei den meisten übrigen Schuppen bedarf es einer 600-, ja oft einer 900maligen Vergrösserung, und einer sehr genauen Einstellung.

Ich betrachte daher die in Balsam eingeschlossene Schmetterlingsschuppe als eines der besten Testobjekte für gerades und als das vorzüglichste Testobjekt für ganz schwach schiefes Licht, bei starker Vergrösserung [1]).

Am meisten mit der hier gegebenen Beschreibung der sogenannten Querstreifen stimmt die Ansicht überein, welche Prof. Hasert in Eisenach über dieselben geäussert hat. Er betrachtet sie als das Produkt übereinandergreifender Schatten, von je vier aneinanderstossenden Körperchen, die sich in querer Reihe im Raume zwischen den Längsrippen erheben, und die durch sehr seichte Längsfurchen getrennt sind. Wenn diese seine Körperchen mit unsern Punkten identisch sind, so wäre hervorzuheben, dass, obgleich auch wir jede Querlinie als aus 4 Punkten zusammengeflossen betrachten, wir doch nicht jedem Zwischenrippenraume, wie es Hasert abbildet, vier besondere Punkte vindiciren, da die zwei marginalen immer zwei Zwischenrippenräumen gemeinschaftlich angehören, und auf der Rippe selbst stehen. Wir lassen ferner die Querlinie aus den vier Punkten selbst bestehen, die bei mangelhafter Korrektion ineinander irradiiren, nicht aber aus wirklich zusammenfliessenden Schatten dieser Punkte, die dann ent-

---

[1]) Bei schwächerer Vergrösserung treten die Spermatozoiden des Widders und des Stieres an ihre Stelle. An diesen müssen die Querbänder noch gut gesehen werden.

schieden als Erhabenheiten anzusehen wären. Die Querlinien können keine Schatten sein, sonst wäre die Vervollkommnung der Objektive nicht im Stande gewesen, sie auch bei den durchsichtigsten, noch dazu in Balsam eingeschmolzenen Schuppen bei geradem Lichte zu zeigen, sie können nicht übereinander geworfene Schatten sein wie Hasert will, weil sonst bessere Korrektion der Abweichungen der Objektive nicht genügte, sie in einzelne vollkommen getrennte und definirte Punkte aufzulösen. Wir wollen endlich zu bemerken nicht unterlassen, dass wir auch bei sehr starken Vergrösserungen, wie sie Hasert bei seinen Untersuchungen angewendet, unsere Resultate bestätigt gefunden haben.

Wenn ich nach dem Vorhergehenden bestimmt der Ansicht von Schacht widersprechen muss, dass die Längsstreifen und die sogenannten Querstreifen in verschiedenen Schichten der Schuppe liegen, so gilt das nur für die Schmetterlingsschuppe, nicht aber für die von *Lepisma saccharinum*, für welche diese Anschauung von Schacht völlig berechtigt ist. Querstreifen im gewöhnlichen Sinne sind hier nicht vorhanden, sondern Leistensysteme, die auf den beiden Seiten der Schuppe eine verschiedene Richtung haben.

Bei dieser Gelegenheit nur noch eine Bemerkung über die Schuppe der *Podura plumbea*. Schacht widerspricht der Ansicht von Harting, die auch Carpenter theilt, dass dieser Schuppe die Querstreifen fehlen und behauptet dieselben sehr deutlich gesehen zu haben. Mir scheint es, dass beide Autoren richtig beobachtet haben. Die Präparate der ächten *Podura (Tomocerus) plumbea*, wie ich sie selbst bereitet und aus England von Topping bezogen habe, besitzen allerdings keine Spur von Querstreifen. Hingegen gibt es jenseits der Alpen eine kleinere sehr nahe verwandte Art (*Tomocerus celer. Nicol.*), welche ich in der Schweiz, im südlichen Deutschland und in der Gegend von Paris nicht selten gefunden und die oft selbst von Zoologen mit *Tomocerus plumbeus* verwechselt werden und auf deren Schuppen man die deutlichsten Querstreifen findet ganz so wie Schacht sie beschreibt; ferner habe ich bei Pisa einen dritten *Tomocerus* gefunden, der dem *plumbeus* noch näher steht und der eben solche Quer-

streifen auf den Schuppen besitzt [1]). Sollte nicht eine Verwechselung der Arten den erwähnten Widerspruch begründen? Die nahe verwandten *Degeeria* haben, soweit ich sie untersucht habe, alle Querstreifen auf den Schuppen, die aber oft schwer zu sehen sind.

Pleurosigma angulatum. Auch auf dieses interessante und vielbesprochene Probeobjekt wendet Schacht sein Theorem an, dass die drei bekannten Liniensysteme in verschiedenen Schichten der Schale liegen, und dass die Sechseeke, welche aus der gleichzeitigen Erscheinung dieser Linien entstehen, nur der Kombination unseres Auges, nicht aber wirklichen Objekten, ihr Dasein verdanken. Die Ansichten, welche von andern Mikrographen zu verschiedenen Zeiten über diese *Pleurosigma* geäussert worden, sind so mannichfaltig, dass wir hier unmöglich in eine Aufzählung oder gar eine Discussion derselben eingehen können. Wir geben deshalb bloss eine gedrängte Darstellung unserer Resultate und hoffen der Kenner der Litteratur werde von selbst einsehen, wie die verschiedenen Ansichten, insofern sie auf wirklicher Anschauung, nicht aber auf willkührlicher Kombination beruhen, darin ihre Erklärung, resp. ihre Versöhnung finden werden.

Betrachtet man bei mittelstarker Vergrösserung mittelst eines Objektivs von $^1/_3$—$^1/_5$ Zoll Brennweite eine trockene Schale der *Pleurosigma* entweder bei auffallendem Licht, das durch eine Linse, ein Prisma oder einen Lieberkühn'schen Spiegel concentrirt wird, oder bei der Beleuchtung im dunkeln Gesichtsfelde *(dark-field illumination)* so sieht man auf der im hellen Tageslicht blauen, im Lampenlichte prachtvoll grünen metallglänzenden Schale eine dichtgedrängte Reihe von horizontalen, d. h. gegen die Mittellinie rechtwinklig gestellten Furchen, gegen den Rand verlaufen. Die ziemlich tiefen Furchen schliessen gewölbte Zwischenräume ein. Jeder dieser Zwischenräume wird durch andere Linien, die von einer Furche zur andern gehen, in eine einfache Reihe kleiner Feldchen getheilt, so dass sie bei den schwächeren Vergrösserungen wie neben einander liegende Perlschnüre aussehen. Bei den

---

[1]) Schacht's Abbildung gehört keiner ächten Podura (Tomocerus), sondern einer mir unbekannten Thysanure an. Ich würde sie für den oft gebrauchten Cyphodeirus halten, wenn sie keine Querstreifen hätte.

stärkeren der angegebenen Vergrösserungen erkennt man jedoch, dass die Wölbung der Zwischenräume nicht gleichförmig, sondern in der Mitte, auf dem Gipfel wie abgeplattet ist. Man sieht ferner sehr deutlich, dass die kleinen Feldchen, in welche die Zwischenräume zerfallen, wirkliche kleine Erhabenheiten und keine Vertiefungen darstellen. Auch die Form dieser kleinen Erhebungen kann man schon bei der *dark-field illumination* mit guten $^1/_5$ Objektiven, ja bei Immersion selbst mit $^1/_4$ Objektiven besonders in der unmittelbaren Nähe der Mittellinie erkennen, hierüber gibt aber das durchfallende Licht bessern Aufschluss. Das wichtigste Ergebniss ist die Erkenntniss der starken Querfurchen, so dass ein Längsschnitt durch die Schale im Profil gesehen eine obere Begränzung wie

zeigen würde.

Das durchfallende Licht, wie es gewöhnlich bei der mikroskopischen Untersuchung angewendet wird, zeigt von diesen Furchen keine Spur. Es zeigt hingegen die bekannten 3 Liniensysteme und die von ihnen eingeschlossenen Granulationen. Schon bei 147maliger Linearvergrösserung sehe ich diese drei Systeme mit einer der besten meiner mittleren Linsen gleichzeitig angedeutet, wenn ich ein 1 Millim. dickes Deckglas und zur Beleuchtung einen centralen Lichtkegel benutze. Auch eine Linse mit dünnem Deckglase leistet ungefähr dasselbe, das Bild ist noch viel schärfer, das Licht muss aber etwas schiefer einfallen, d. h. der Spiegel muss etwas konkaver sein. Will man aber nur die beiden schiefen sich kreuzenden Liniensysteme zur Anschauung bringen, so genügt auch hier centrales Licht. Diese Linsen sind von Amici in den Jahren 1858 und 1859 konstruirt, man sieht also, dass derselbe auch hier den neuesten Fortschritten in diesem Gebiete vorausgeeilt ist. Die Streifen sind bei diesen Vergrösserungen natürlich noch sehr enge zusammen und ihre Unterscheidung erfordert gespannte Aufmerksamkeit. Nimmt man stärkere Okulare, so kann dieselbe Linse die Streifung immer auffallender zeigen und die ganze Oberfläche der *Pleurosigma* wird wie granulirt. Ist das Objektiv weniger vollkommen, so sieht man zwar die Maschen zwischen den Streifen, sie treten aber weniger plastisch als Granulationen hervor. Diese Schärfe, mit der

die Streifen gesehen und verfolgt werden können, wächst bekanntlich bei diesen schwächeren Objektiven mit der Grösse des Oeffnungswinkels, aber das plastische Hervortreten der Granulationen ist nicht ganz an dieselben Bedingungen gebunden, da ich es bei manchen mittleren Linsen mit engerem Oeffnungswinkel deutlicher als bei andern weitgeöffneten finde, womit aber keineswegs behauptet werden soll, dass ein grosser Oeffnungswinkel die Plasticität des Bildes ausschliesse.

Wendet man stärkere Objektive von einem Rapport von 55 bis 70 an, so erhält man nähere Aufschlüsse über die Struktur der Schale. Gebraucht man schiefes Licht in der Weise, dass ein einziges der drei Liniensysteme besonders hervortritt, so sieht man, dass diese Linien nicht scharf gezogen, gerade verlaufen, wie es früher den Anschein hatte. Man sieht dieselben zunächst wie gezähnelt und bei noch besserer Vergrösserung wie zickzackartig gebrochen. Das sieht man besser und leichter für die beiden schiefen als für das quere Liniensystem, vermuthlich weil das letztere im Grunde der eben erwähnten Furchen liegt.

Lässt man aber centrales, konvergirendes oder gerades Licht einwirken, oder auch schiefes Licht, dessen Hauptrichtung keinen zu spitzen Winkel mit der Längenachse der Pleurosigmenschale bildet, so vereinigen sich die drei Liniensysteme zur Bildung regelmässiger Figuren und wenn die Objektive nur einigermassen penetrirend sind, so kann man immer nahezu regelmässige Sechsecke darstellen, welche die ganze Schale bedecken. Die Linien erscheinen dann nicht mehr selbstständig, sondern gehen in der Begränzung dieser Sechsecke auf.

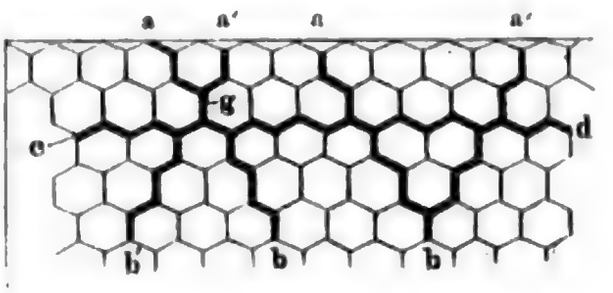
Es entsteht nun zunächst die Frage, auf welche Weise die Bilder der drei Linien sich zur Erzeugung der Sechsecke verbinden. Schacht, der sich die Linien immer als gerade gezogene Furchen denkt und ihre Zickzackbiegungen übersehen hat, glaubt alle früheren Vorstellungen und Anschauungen als irrig verwerfen zu müssen, welche die lange bekannten Sechsecke so aneinandergereiht darstellen, dass sie sich nicht in drei gerade Liniensysteme auflösen und giebt endlich, auf ein Bild gestützt, welches er mit dem Objektiv Nro. 10 von Hartnack erhalten zu haben glaubt, eine vergrösserte Darstellung, nach welcher sich zwischen je zwei helle Sechsecke zwei mit dem Scheitel einander

Digitized by Google

zugekehrte dunkele Dreiecke als Zwickel einschalten. Ganz dasselbe Bild hatte schon früher (Bericht über die Naturforscherversammlung in Karlsruhe pag. 213) Hasert gegeben, obgleich demselben im Gegensatz zu Schacht, das gezähnte Aussehen der Streifen nicht ganz entgangen ist.

In der Hasert-Schacht'schen Darstellung gewahren wir einen doppelten Irrthum. Alle unsere Objektive, sowie ein neues Nro. 7 *a correction* von Nachet, ein neues Nro. 10 von Hartnack, sowie eine noch stärkere Linse mit Korrektion von Spencer in Amerika, ergeben übereinstimmend, dass jene dreieckigen Zwickel nicht existiren und dass, wenn Sechsecke gesehen werden, die Liniensysteme ganz in der Begränzung derselben in der Weise aufgehen, wie es beigegebener Holzschnitt zeigt.

Die beiden stärker gezeichneten Zickzacklinien *a b* und *a' b'* entsprechen den sich kreuzenden schiefen Liniensystemen, die Zickzacklinie *c d* entspricht den queren Linien.



Man sieht ferner, dass die Spitzen der Sechsecke ineinandergreifen und nicht bloss sich gegenseitig am äussersten Winkel berühren, wie es Schacht darstellt, und dass diese Spitzen aus den Zickzackbiegungen einer und derselben Querlinie entstehen, nicht aber wie Hasert und Schacht es darstellen, aus den Durchkreuzungen der schiefen Linien entspringen, dass also die Stellung der Sechsecke in der Schacht'schen Zeichnung um 90 Grad verschoben ist.

Schacht nimmt ferner an, dass die Sechsecke nicht wirklich existiren, sondern nur von unserm Auge aus der gleichzeitigen Erscheinung der drei Liniensysteme kombinirt werden, die Linien könnten aber keine wirklichen Figuren mit einander bilden, weil sie in verschieden tiefen Schichten der Schale lägen. Diese dem blossen Augenschein schon widersprechende Behauptung gründet er auf die Wahrnehmung, dass, wenn man ein Liniensystem deutlich sähe, es „in manchen Fällen" einer geringen Aenderung der Einstellung be-

dürfe, um jedes der beiden andern zu sehen. Diese Bemerkung ist nur bedingt richtig.

Was zunächst die beiden schiefen Liniensysteme betrifft, so sieht man dieselben vollkommen gleichzeitig und gleich scharf bei centraler Beleuchtung mit geradem oder normal konischem Licht. Lässt man das Licht in einem Winkel von 45 Grad schief gegen die Richtung der beiden Liniensysteme einfallen, so werden dieselben ebenfalls in genau demselben Momente sichtbar und verschwinden in demselben Momente bei weiterer Aenderung des Focus. Dies sieht man nicht nur mit gut penetrirenden Objektivsystemen, sondern auch mit solchen, die vorzugsweise definiren und deren Fokalebene fast gar keine Tiefe hat, so dass der geringste Unterschied im Niveau sich im höchsten Grade bemerklich macht. Man sieht dies mit Objektiven, die nur einen Rapport von 30 haben und mit solchen, bei denen er bis auf 78 steigt. Den noch stärkeren Objektiven, über die ich verfüge, traue ich in der hier angeregten Beziehung keinen entscheidenden Ausspruch zu. Fällt aber schiefes Licht in einem merklich von 45^0 abweichenden Winkel gegen die beiden schiefen Linien, so wird beim Annähern des Objekts gegen die Linse zuerst nur eines und zwar dasjenige Liniensystem gesehen, welches mit der Richtung des Lichtes einen grösseren Winkel bildet und erst nach einer weitern Drehung der Schraube erscheint das andere System, während übrigens das erste offenbar noch im Focus steht, ja schärfer erscheint als im ersten Momente. Es beweist dies offenbar nichts für einen Unterschied im Niveau beider Liniensysteme. Dieselben sind verschieden beleuchtet, das eine muss breiter und dunkler erscheinen, weil zu der Furche, welche die Linie bildet, sich noch der zum Theil sie deckende, zum Theil sie seitlich überragende durch das schiefe Licht erzeugte Schatten der sechseckigen Körperchen gesellt. Die auf diese Weise markirtere Linie wird nothwendig bei Annähern etwas früher sichtbar werden als die andere. Dass diese Auffassung derjenigen von Schacht gegenüber die berechtigte ist, wird dadurch bewiesen, dass die erste Linie noch im Focus ist, wenn die zweite erscheint und so lange letztere sichtbar ist. Wäre der Unterschied im Niveau so gross, dass durch ihn die erste Linie ohne die zweite

gesehen wird, so müsste bei veränderter Stellung des Focus auch das Umgekehrte stattfinden können. Aber noch mehr. Nähert man das Objekt immer mehr bis die Linien wieder verschwinden, so bleibt das zuerst erschienene System auch am längsten sichtbar. Dies steht offenbar in direktem Widerspruch mit der von uns bekämpften Hypothese und ist zugleich eine nothwendige Konsequenz unserer Ansicht.

Aber noch aus einem andern Grunde können beide Linien nicht in verschiedenen Schichten liegen, weil sie nämlich gar keine durchaus gesonderten Liniensysteme sind. Wenn bei stärkeren Vergrösserungen diese Linien in ihre Zickzackabtheilungen sich scheiden, so sieht man aus vorstehender Figur, dass es keine geradelaufende Abtheilung irgend einer schiefen Linie giebt, die ihr nicht mit irgend einer entsprechenden Linie aus dem andern System gemeinschaftlich wäre. Die Strecke g in unserer Figur gehört z. B. den schiefen Linien $a\,b$ und $a'\,b'$ gemeinschaftlich an. Die beiden Systeme sind also zum grossen Theil aus denselben Elementen zusammengesetzt. Wollte man, um dieser Identität zu entgehen, in der Strecke g zwei Linien, eine untere und eine obere, annehmen, die sich genau decken, so würde jedenfalls das schiefe Licht diese supponirte Duplicität entdecken können. Der Versuch spricht aber entschieden gegen eine solche unwahrscheinliche Annahme. Die queren Linien liegen nun, wie Schacht richtig hervorhebt, tiefer als die beiden schiefen, oder wenigstens als die Theile der schiefen, welche die Längsseiten der Sechsecke bilden. Sie müssen natürlich tiefer liegen, weil sie in die Tiefe der Furche fallen, deren Existenz wir durch das auffallende Licht erkannt haben. Aber gerade deshalb ist ihre tiefere Lage kein Beweis dafür, dass sie auch in einer tieferen Schicht der Schale liegen als die andern Linien. Sie liegen ebenfalls an der Oberfläche, aber an einer eingeknickten Stelle derselben. Der Beweis hierfür wird geliefert: a) durch den Erfolg oberflächlicher Befeuchtung der Schale, welche leichter die queren Linien als die schiefen unsichtbar macht; b) dadurch, dass, wie man aus unserer Figur sieht, die Theilstücke der Zickzacke, aus denen die quere Linie besteht, abwechselnd mit Linienstücken aus einem und dem andern schiefen System identisch

sind. Die quere Linie muss also mit beiden schiefen, aus deren Fragmenten sie sich zusammensetzt, in einem relativen Niveau liegen.

In Summa also können wir sagen, dass alle Glieder, aus denen sich die Linien eines Systems zusammensetzen, zugleich auch, in abwechselnder Folge, einem der beiden andern Liniensysteme angehören, und dass keine Strecke irgend einer Linie existirt, die nicht gleichzeitig ein Bestandtheil eines andern Systemes ist.

Die viel ventilirte Frage, ob die sechseckigen Räume zwischen den Linien Erhöhungen oder Vertiefungen sind, müssen wir nach verschiedenen übereinstimmenden Untersuchungsmethoden im ersteren Sinne beantworten. Es sind erhöhte Körperchen mit 6eckiger Basis, welche jedoch oben nicht pyramidenartig zugespitzt, sondern in einer Längskante zu endigen scheinen. Dafür, dass es erhöhte Körperchen sind, sprechen ausser den von Andern schon angeführten Gründen die Ergebnisse der Untersuchung mit auffallendem Sonnenlicht. Besonders wenn dieses bei Entfernung jeder Beleuchtung von unten, schräg auffällt, sieht man selbst bei relativ schwacher Vergrösserung, wie bereits erwähnt, dass die Granulationen, welche die Wülste zwischen den Querfurchen bedecken und zusammensetzen, erhöhte Körperchen sind. Und diese Granulationen sind, wie man sich durch Verstärkung der Okularvergrösserung augenblicklich überzeugen kann, nichts anderes als die Sechsecke. Bei Linsen mit etwas stärkerem Rapport bringt uns die Anwendung einer im Centrum geschwärzten Beleuchtungslinse *(dotted Lens)* oder des Nachet'schen Beleuchtungskegels oder irgend eine andere Art der dunkelfeldigen Beleuchtung zu derselben Ueberzeugung. Macht man sich ein Schema aus schwach gefärbtem Glase, aus einer ebenen Platte und mit Balsam aufgekitteten prismenartigen (horizontal gelegten) Erhöhungen und ein zweites Schema mit muldenartigen Vertiefungen, umgiebt man dieselben von der Seite mit dunkler Hülle und lässt man von unten her intensives Licht schief einfallen, so wird man bei beiden charakteristische Unterschiede in der Vertheilung von Licht und Schatten finden, deren Erklärung bereits in den Arbeiten von Welcker enthalten ist. Die Vertheilung von Licht und Schatten auf der *Pleurosigma* bei sehr

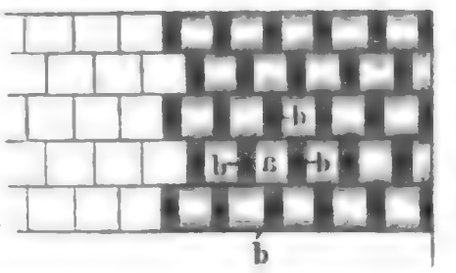
intensiver schiefer Beleuchtung entspricht dem Verhalten der Glasplatte mit aufgelegten horizontalen Prismen.

Betrachtet man bei centralem convergirendem oder sehr wenig schiefem Lichte die Schale einer trockenen *Pleurosigma angulata* mittelst eines sehr gut definirenden starken Objektives (von einem Rapport von 65—70) mit Immersion und stellt den Fokus, der hier (wenigstens bei meinen bestdefinirenden Objektiven) nur eine äusserst geringe Tiefe hat, genau auf die Oberfläche der Schale ein, so sieht man zunächst die Körperchen nicht mehr sechseckig, sondern viereckig. Dies erklärt sich einfach daraus, dass diese Objektive von sehr grosser Schärfe aber mit geringer Tiefe der Fokalebene, wenn sie auf dies wie oben erwähnt etwas abgeplattete Mittelfeld der Sechsecke genau eingestellt sind, nicht mehr die beiden Endspitzen derselben erreichen, welche sich in die Furchen herabbeugen, also tiefer liegen. Jedes Sechseck wird daher durch den Mangel zweier gegenüberliegender dreieckiger Spitzen, zum breiten Viereck. Die Querlinien der Schale erscheinen auch jetzt nicht mehr zickzackartig, sondern als gerade breite neblige Linien, d. h. man sieht nicht mehr den Grund der Furche, sondern deren obere klaffende Schicht, die indess nicht als Lücke erkannt wird.

Nähert man das Objekt der Linse etwas mehr, so sieht man wieder die Sechsecke, aber man bemerkt, dass die Schärfe des Bildes jetzt gelitten hat und dies muss so sein, weil sich der Gipfel der Schalenwülste schon etwas ausserhalb, aber die Vertiefung der Furche noch nicht ganz innerhalb der in der Dicke so sehr beschränkten Fokalebene befindet. Der einseitige Gebrauch solcher Objektive, die in vielen Fällen unschätzbar und unersetzlich sind, hat denn auch einige Schriftsteller zu der Behauptung geführt, die Körperchen der Pleurosigmenschale seien viereckig und erschienen nur sechseckig bei mangelhafter Einstellung und unvollkommener Definition.

Die Vierecke sind das mittlere Segment von Prismen, die eine Kante nach aufwärts kehren. Dies bemerkt man bei den stärksten Vergrösserungen direkt. Man erkennt es aber auch an der den andern Prismen der Diatomee analogen Erscheinungsweise derselben, bei der angegebenen Richtung des Lichtes. Die Hälfte eines jeden Vierecks erscheint dunkel und die Hälfte hell, so dass ein nahezu an ein Schach-

brett erinnerndes Bild entsteht, wie nebenstehende Figur zeigt. Die Felder sind aber — und dies schwächt die Aehnlichkeit mit dem Schachbrett — länger als breit und die dunkeln Felder erscheinen aus bekannten Gründen dem Auge etwas schmaler als die hellen. Die eine Seite des Prisma, die dem stärkeren Licht näher ist, erscheint dunkler, weil hier, wegen des Verhältnisses der Lichtrichtung, zur Neigung der reflektirenden Ebene, eine nahezu totale Reflexion des Lichtes stattfindet. Man darf also nicht die dunkleren Stellen für die etwa verbreitert erscheinenden Zwischenfurchen oder für Ränder der Sechsecke nehmen.



Ist das Objektiv noch schärfer und sein Fokus noch ebener, so bemerkt man bei guter Einstellung in der Mitte des dunkeln Feldes noch einen runden tiefschwarzen Fleck, der ganz den Eindruck eines Loches macht. Controllversuche mit verschiedener Stellung und Beleuchtung zeigen aber, das dieses Loch (*b, b, b, b* unserer Figur) nicht wirklich existirt, sondern dass es einer hier totalen Reflexion des Lichtes seinen Ursprung verdankt. Dieses anscheinende Loch behält seine rundliche Gestalt selbst bei den allerstärksten Vergrösserungen bis zu 4000 linear. Diese Erscheinung beweist, dass die Seite des Prisma keine ebene Fläche, sondern eine Curve ist, und nehmen wir an, dass diese Curve eine gleichförmige, kontinuirliche sei, so müssen die Seiten des Prisma kleine Kugelsegmente sein. Denn nur in Kugelsegmenten von Körpern stärkeren Brechungsvermögens wird durchfallendes schiefes Licht, dessen Strahlen unter sich parallel gehen, immer eine Kreisoberfläche der vollständigsten Reflexion darbieten können.

Analoge Versuche lassen uns schliessen, dass auch die vier in die Furche herabgebogenen, zunächst der Spitze gelegenen, Seiten des Prisma Kugelsegmente sind. Denn man kann das scheinbare Loch durch Drehen des Objektes bei gehöriger Einstellung auch neben den queren Zickzacklinien (*e d* unserer ersten Figur) erscheinen lassen.

Hebt man das Rohr des Mikroskopes etwas in die Höhe, so bleiben die runden dunkeln Punkte allein übrig und solchen Bildern,

die man auch mit weniger guten Linsen erlangen kann, verdanken die Angaben ihre Entstehung, dass man die Streifen der *Pleurosigma* ganz in lauter runde Flecke auflösen könne.

Bei der *Pleurosigma* in Balsam eingeschmolzen konnte ich bis jetzt keine Spur dieser Flecke erkennen. Die übrige Zeichnung derselben wird von Nachet's Nro. 7 (und 8) mit Immersion sehr gut bei centralem Lichte gelöst, besonders wenn die Schale unmittelbar vor der Präparation noch einmal geglüht worden war. Hatte ich dies versäumt und hatte die Schale etwas atmosphärische Feuchtigkeit enthalten, so wurde hierdurch der Rand zwar dunkeler, aber die Lösung der Zeichnung der Oberfläche schwieriger und gelang nur gut mit schiefem Lichte. Die *Pleurosigma* in Nussöl habe ich bis jetzt, selbst mit meinen besten Linsen, auch nicht einmal spurweise auflösen können. Ebensowenig in Ricinusöl.

Als Probeobjekt kommt für die Beurtheilung der Objektive die *Pleurosigma* weniger in Betracht, als die Schmetterlingsschuppe. Mittlere Objektive, die auf einen grossen Oeffnungswinkel Anspruch machen, müssen bei schiefem, und wenn sie ganz gut korrigirt sind, bei centralem konischen Lichte die zwei sich kreuzenden Liniensysteme und eine Andeutung des dritten zeigen. Stärkere Okulare müssen das dritte quere (bei durchfallendem Licht) immer deutlicher hervortreten lassen, bis endlich die stärksten Okulare, wenn die Linse gut genug ist sie zu vertragen, die Sechsecke deutlich und isolirt zeigen. Uebrigens glaube man ja nicht, dass ein mittleres System, welches die Streifen der *Pleurosigma* nicht zeigt, für die gewöhnlichen Untersuchungen unbrauchbar sei. Es ist schon mehrfach hervorgehoben worden, dass Objektive, welche sich für feine Nadelholzschnitte, für die Fäden der Schwärmsporen, für die Spermatozoiden und für alle gewöhnlichen selbst schwierigeren Objekte aus der menschlichen Anatomie vortrefflich bewährten, den Dienst für die Diatomeen versagten, während mittlere Objektive, welche die *Pleurosigma* lösten, sich weniger brauchbar für die erwähnten gewöhnlicheren Gegenstände des Studiums erwiesen. Man ist sogar so weit gegangen, den zu grossen Oeffnungswinkel eines Objektivs als ein Hinderniss bei der Untersuchung anatomischer Präparate zu betrachten. Dies ist nun nicht ganz richtig,

denn ich besitze mehrere mittelstarke Objektive von Nachet und von Amici und kenne solche von Hartnack, bei denen trotz der grossen Oeffnung die Definition eine ganz vorzügliche ist. Besonders zeichnen sich die von Amici dadurch aus, dass sie ohne Nachtheil noch die stärkeren Okulare vertragen. Thatsache aber ist es, dass es, selbst den besten Optikern, viel schwerer ist gute Definition bei einem grossen als bei einem kleineren Oeffnungswinkel herzustellen, und dass man daher, selbst bei Amici, eine gehörige Correktion der Aberrationen viel häufiger mit einem kleinen als mit einem grossen Oeffnungswinkel gepaart findet. Der Arzt und Anatom wird daher in den meisten Fällen, wenn ihm nicht ganz vorzügliche Kombinationen zur Wahl vorgelegt werden, den mittleren Linsen mit kleiner und mässiger Oeffnung den Vorzug geben müssen.

Wichtige und bei dem heutigen Zustand der Instrumente fast unersetzliche Dienste leistet die *Pleurosigma* für die starken Linsensysteme, wenn es darauf ankommt, die Conkordanz der Objektive mit den Okularen zu beurtheilen. Das Bild, welches alle neueren brauchbaren starken Linsen bei centralem und schiefem Lichte von der trockenen *Pleurosigma* geben (und wir haben gesehen, dass es kein Fehler ist, wenn hier statt der Sechsecke bloss Vierecke erscheinen), darf in der ganzen Ausdehnung des Gesichtsfeldes nicht wesentlich verändert werden, wenn ein passendes stärkeres Okular eingesetzt wird. Verändert sich das Bild in seinen Umrissen, so ist das Okular nicht für die Linse geeignet. Man hat dann entweder das Okular durch gegenseitiges Entfernen seiner beiden Gläser für die Linse zu akkommodiren oder ganz wegzulassen. Man kann sich so mittelst der *Pleurosigma* eine Tabelle machen, die uns anzeigt, welches Okular für jedes Objektivsystem mit Sicherheit noch gebraucht werden kann und wie weit die Okularlinsen von einander zu entfernen sind, wenn der Mechanismus eine solche Akkommodation gestattet. Fehlt die *Pleurosigma,* so kann man sich zwar hierzu auch des *Coccinodiscus* oder *Arachnodiscus* in Balsam bedienen, aber mit geringerer Präcision und noch weniger sicher sind die andern selbst viel schwierigeren Testobjekte.

Sigmatella Nitzschii. Schacht empfiehlt diese Diatomeenschale trocken als Testobjekt zu benutzen und betrachtet sie als schwie-

riger als die *Pleurosigma*. Wir haben sie nur in Balsam aufbewahrt untersucht, wodurch sie zwar noch schwieriger und durchsichtiger, das Bild aber ungleich zierlicher und reiner wurde. Die ächte *Sigmatella Nitzschii* in Balsam zeigt einzelne Exemplare, deren Linien bei weitem schwieriger erkannt werden als die der *Grammatophora*. Die von mir aus England von Topping bezogenen balsamirten *Sigmatella* sind leichter, als die von Bourgogne in Paris und die von mir selbst präparirten. Die Exemplare, welche ich zuerst mit Terpentinöl gekocht und dann in heissen Balsam eingeschlossen, sind unter den bis jetzt angewendeten Diatomeen das schwierigste Test für schiefes Licht.

Bei diesem Objekt kommt es weniger auf starke Vergrösserung als auf die grosse Klarheit des Bildes an. In dem Präparat von Topping sehe ich die Querstreifen schon mit einer mittleren Linse (Rapport 44) ohne Immersion und mit einer schwächeren (Rapport 40,3) mit Immersion in Wasser. Bei recht günstigem Licht sind hier die Streifen schon bei centraler konischer Beleuchtung zu erkennen. Wendet man stärkere Linsen vom Rapport von 56—66 und verschiedene Grade schiefen Lichtes an, so erkennt man selbst an Bourgogne's und meinen Präparaten, dass die bisherigen Beschreibungen dieser Diatomee ziemlich unzureichend sind.

Schacht bildet in der Nähe des Randes der *Sigmatella* eine Längsreihe von dreieckigen Zeichnungen ab, und es ist leicht bei einer gewissen Art des schiefen Lichtes Bilder zu erhalten, welche der Schacht'schen Zeichnung entsprechen. Centrales Licht, welches man allmälig in wenig schiefes übergehen lässt, belehrt uns, dass wir hier eine Längsreihe von durch kurze Zwischenräume getrennten rundlich viereckigen Knöpfen vor uns haben, die sich schwach pyramidenförmig erheben. Wie hieraus bei seitlich einfallendem Lichte mit Uebersehung des dunkleren Theiles der Pyramide die dreieckige Zeichnung entstand, ist klar.

Lässt man schiefes Licht rechtwinklig auf den Querdurchmesser der Schale einwirken, so sieht man die dichten zarten Querstreifen. Gute penetrirende Objektive mit tiefem Fokus zeigen die Querstreifen über die ganze Schale weggehen und hier bemerkt man, dass immer der 7te Querstreif etwas stärker und markirter erscheint. Es scheint

dies von Kräuselungen der Oberfläche der Schale in dem Sinne der Längendimension herzurühren, deren Existenz besonders am Rande sehr deutlich wird. Aehnliche Kräuselungen scheinen auch in querer Richtung über die Schale zu gehen, denn man bemerkt 3 oder 4 (je nach der Breite der Schale) dunklere Längsstriemen mit eben so viel helleren abwechseln.

Benutzt man ein Objektiv mit sehr vorzüglicher Definition aber fast ebenem Fokus, so sieht man in der That die Querlinien schärfer, aber unterbrochen, so dass sie je nach der Einstellung nur auf den dunkeln oder nur auf den hellen Längsstriemen erscheinen.

Bestimmt aber sieht man im Widerspruch mit der Schacht'schen Zeichnung, dass die Querlinien nicht nur über den freien Theil der Schale ziehen, sondern sich auch unterhalb der Knöpfe und zwischen ihnen fortsetzen und auch jenseits derselben den schmalen blasseren Rand ganz durchlaufen.

Dreht man die *Sigmatella* um 90° gegen das Licht, so sieht man auch die auf dem freien Theil der Schale 6 oder 8 sehr zarte Längslinien, welche Schacht mit seinen Objektiven vermisste, und welche den Gränzen der Licht- und Schattenstreifen entsprechen. Und endlich kann man bei zweckmässiger centraler oder sorgsamer schiefer Beleuchtung bei vielen, aber nicht bei allen mit Balsam behandelten Exemplaren die Längs- und Querstreifen zusammen als Furchen darstellen, welche horizontal gerichtete dicht aneinanderstossende Rechtecke umschliessen, welche die ganze Schale bedecken.

Es scheint übrigens, wenn mir eine solche Vermuthung gegenüber einem Botaniker wie Schacht erlaubt ist, dass Letzterem sein Zeichner einen eigenen Possen gespielt hat, indem er auf Tafel I Fig. 11 des Schacht'schen Werkes, welche die *Nitzschia sigmatella* bei 360maliger Vergrösserung darstellen soll, nicht diese, sondern eine andere zufällig im Präparat befindliche *Nitzschia* wahrscheinlich die *Nitzschia tenuis* von W. Smith (verschieden von *Synedra (Echinella) tenuis Kütz.)* abgebildet hat, und von ihr hat er dann vielleicht die vergrösserte Fig. 12 entnommen. Bei der *Sigmatella tenuis Saup* sind allerdings die Querstreifen viel leichter, die Längsstreifen aber selbst an trockenen Exemplaren sehr viel schwerer als an *S. Nitzschii*

zu sehen, sie liegen ausserdem sehr viel näher an einander, so dass sie mit den Querstreifen statt der Rechtecke, die sich bei *S. Nitzschii* zeigen, sehr kleine Quadrate bilden, die ich bis jetzt immer nur an einer beschränkten Stelle des Gesichtsfeldes deutlich übersehen konnte.

Grammatophora. Schacht führt von diesem Genus zwei Arten als Testobjekte auf, die leichtere *Gramm. marina* und die schwerere *Gramm. subtilissima.* Wir fassen beide zusammen, da sie keine wesentlichen Verschiedenheiten zeigen. Die bisherigen Beschreiber haben bei beiden Arten Querstreifen wahrgenommen, welche sich aber nur auf die Randparthie erstrecken und selbst bei *Gr. subtilissima* nur mit den vorzüglichsten Instrumenten bei schiefem Licht und sehr heller Beleuchtung sichtbar sein sollen. Eine genaue Prüfung bei schiefem Licht und mit starken Linsen (Rapp. 60—70) zeigt, dass diese Querstreifen in einiger Entfernung vom Rande viel zarter werden aber sich fortsetzen nicht nur bis an die laterale Längsfurche, sondern auch noch den Grund der Furche in kleine Feldchen theilen und endlich noch zarter geworden jenseits der Furche über das ganze Mittelfeld weggehen, um sich mit den Querlinien der andern Seite zu vereinigen. Ebenso setzen sie sich am wulstigen Rande umbiegend über die ganze Hauptseite *(front-view* der Engländer) fort, um sich an der entgegengesetzten Kante wieder mit denen der andern Nebenseite zu vereinigen.

Die Streifung in der Randpartie der Nebenseite sieht man bekanntlich leichter bei *Gramm. marina* und für diese genügt in dieser Beziehung schon ein mittelstarkes nicht einmal sehr vorzügliches Objektiv. Dies gilt selbst für die *marina* in Kanadabalsam. Anders verhält es sich mit den Fortsetzungen der Streifen im Mittelfeld. Diese sieht man bei *Gr. marina* fast schwieriger als bei *subtilissima.* Man untersuche zuerst ganz reife Exemplare dieser Art, die der Theilung nahe sind, und hat man hier bei sorgfältig gerichteter Beleuchtung die Querstreifen überall gefunden, so wird man sie bald auch bei jüngern Exemplaren und endlich bei der *marina* erkennen. Leichter sieht man diese Linien auf den ganzen Oberflächen bei den Exemplaren (nur eines Präparates), die ich von Topping in London balsamirt erhalten habe, als bei den Balsampräparaten von Bourgogne und schwerer noch sieht man die ganze Textur an den von uns selbst

präparirten, unmittelbar vorher geglühten Exemplaren, die von dem Entdecker dieser Species, Herrn Prof. Bailey aus Westpoint, stammen. Die mexikanische Art lässt im Allgemeinen die Streifen leichter als die ächte *subtilissima* erkennen und verfolgen.

Längsstreifen sind bis jetzt bei den *Grammatophora* noch gar nicht beschrieben, man sieht aber fast bei jeder Richtung der schiefen Beleuchtung auf der Nebenseite (d. h. auf der Fläche, die bis jetzt allein als Test berücksichtigt wurde) zwischen dem Rande und der Grube zwei und auf dem Mittelfelde der Nebenseite vier dunklere Längsstriemen, die man für Andeutungen von Längsstreifen halten könnte, um so mehr als sich bei der *Nitzschia* die Längsstreifen bei der ersten Betrachtung wirklich hinter solchen Längsschatten verbergen; diese Längsstriemen werden auch deutlicher, bestimmter, wenn das Licht im rechten Winkel gegen sie fällt. Eine genaue Akkommodirung mit guten starken Linsen für schiefes Licht zeigt aber, dass die wahren Längsstreifen viel feiner und zarter sind und dass sie ebenso dicht wie die Querstreifen zusammen stehen. Und noch viel zarter werden diese Längsstreifen je mehr sie sich vom Rande entfernen und besonders im Mittelfeld. Die mittelsten derselben habe ich bei *Grammat. marina*, wenn sie nicht in Theilung begriffen war, noch nicht gesehen, wohl aber bei der nordamerikanischen *subtilissima* und der mexikanischen. Ich will darum nicht behaupten, dass *marina* in dieser Beziehung schwieriger sei, ich habe sie aber, da sie ein weniger werthvolles Testobjekt ist, seltener und nicht so eifrig untersucht. Mit den besten Linsen, welche die *Gramm. subtilissima* in Balsam bei weniger schiefem Lichte zeigen, sieht man endlich die Längs- und Querlinien zugleich und erkennt bei Wechsel der Lichtrichtung, des Okulars und guter Akkommodirung des letzteren, dass die Linien, longitudinale und transversale, gar nicht selbstständig existiren, sondern nur Furchen- und Schattenbilder sind, zwischen kleinen reihenweise gestellten und nach Art eines Schachbretts, abwechselnd hell und dunkel erscheinenden Erhebungen, welche die ganze Oberfläche sowohl auf den Haupt- als auf den Nebenseiten bedecken.

Bei *Gramm. marina*, wo man die abwechselnd hellen und dunkelen Felder in der Nähe des Randes bei stärkeren Vergrösserungen

am leichtesten sieht, erkennt man ohne grosse Schwierigkeit, dass dieselben quadratisch sind, hingegen bedurfte es der stärksten Okularvergrösserungen, die ich bis jetzt bei meinen Untersuchungen angewendet um dasselbe auch für die andern Grammatophoren in Balsam festzustellen. Dass bei *Gramm. subtilissima* die Linien, wenn sie als solche gesehen werden, sich überall quadratisch durchkreuzen, ist noch kein Beweis dafür, dass die Körperchen, denen diese Linien ihr Dasein verdanken, selbst eine quadratische Basis haben. Denn auch kegelförmige kleine Erhebungen, in gleichförmiger Distanz nahe zusammenstehend, können Schattenbilder quadratischer Linien erzeugen. Die Felder mussten also selbst direkt gesehen werden. Dieselben erschienen in der That noch bei mässigen Vergrösserungen rundlich (durch Irradiation) und erst die stärksten, nur für wenige Linsen noch mit Sicherheit brauchbaren Okulare ergaben bei fast centralem Licht ein regelmässiges Schachbrett.

Worauf aber der abwechselnd hellere und dunklere Teint dieser Vierecke beruht, darüber war bei dem vorliegendem Objekt zu keinem Resultat zu kommen. Nach der Analogie mit der *Navicula Amicii* zu schliessen, bei der ebenfalls diese Erscheinung vorkommt, ist es wahrscheinlich, dass die seitlich aneinanderstossenden hellen und dunkeln Felder zusammengehören und dass sie bei beiden unter sehr stumpfem Winkel konvergirenden Seiten eines auf rechteckiger horizontaler Basis liegenden Kieselprismas darstellen. Diese Prismen waren demnach selbst in abwechselnder Reihe wie die Steine einer Mauer aneinandergestellt. Die Längslinien entsprachen dann abwechselnd bald der Furche zwischen zwei Prismen, bald der obern Kante eines derselben [1]).

Schacht erwähnt bei der trockenen *Grammatophora marina* auch zweier sich kreuzender schiefer Liniensysteme in der Randpartie und behauptet, dass durch diese drei Liniensysteme dieselben Erscheinungen, wie bei der *Pleurosigma* hervorgerufen würden. Bei *Gramm. subtilissima* seien diese Linien bis jetzt noch nicht gesehen worden, weil

---

[1]) Und dies habe ich später auch direkt an der fast trockenen Grammatophora bestätigt gefunden.

sie, wie Schacht vermuthet, durch den Balsam unsichtbar würden. Ich bedaure, dass ich hier mit dem tüchtigen Forscher in Widerspruch gerathen muss. Diese Linien weit entfernt, denen der *Pleurosigma* zu gleichen, existiren in der Wirklichkeit nicht. Man sieht sie aber bei einer gewissen Neigung des Lichtes sehr deutlich und überzeugt sich bei Modifikation der Beleuchtung, dass es blosse Schattenlinien von den regelmässig gestellten vierkantigen Erhebungen sind. Ich habe diese Linien auch bei der *marina* in Balsam und bei der balsamirten *subtilissima* unter günstiger Beleuchtung in täuschender Weise erzeugen können, und ich werde ihre Entstehung und ihre Bedeutung weiter bei der Prüfung der *Navicula formosa* zu besprechen haben, die das klassische Warn-, Schutz- und Testobjekt für ähnliche Täuschungen abgiebt.

Surirella Gemma. Diese, resp. die zarten seitlichen Längsstreifen derselben, erscheinen Schacht als das schwierigste Test, die er nur bei schiefer Beleuchtung und nur durch die Wasserlinse Nro. 10 von Hartnack sichtbar machen konnte. „Die besten Objektivsysteme, „für schiefes Licht", sagt er, „liessen dagegen von ihrem Dasein nichts „ahnen, und möchten unter Kanadabalsam dieselben Linien auch für „die Wasserlinsen noch verborgen bleiben." In Fig. 15 giebt Schacht eine sehr gute Abbildung dieser Linien, wie er sie mit der Wasserlinse bei 960maliger Vergrösserung sieht. Der Beschreibung und Abbildung von Schacht habe ich hier nichts hinzuzufügen. Auch ich habe mit sehr guten Linsen bei schiefem nicht allzuintensivem Licht diese Linien oft nicht erkennen können und weiss nicht, auf welcher Eigenthümlichkeit es beruht, dass einige Linsen, z. B. Nro. 10 Hartnack und ein vortreffliches Nro. 6 von Nachet, dieselben bei schiefem Lichte gut zeigen. Aber mit allen leidlich gut definirenden Linsen gelang es mir, bei trockenen und balsamirten Surirellen diese feinen Längslinien zu sehen, wenn ich centrales Licht durch einen sehr ebenen Spiegel reflektirte, und dasselbe durch eine Beleuchtungslinse mit weitem Fokus koncentrirte. Linsen von Amici, Nachet, Hartnack, Zeis, Meyerstein, Plössl, Grossi, bewährten sich in diesem Falle, wenn nur die Beleuchtung gut getroffen, d. h. wirklich central war. Auch auf die Stärke der Linsen kam es nicht

an und während mittlere Vergrösserungen von 200 bis 400 linear mir die ganze *Surirella* mit ihren Längs- und Querstreifen wie einen Globus mit Längen- und Breitengraden bedeckt zeigten, konnte ich die fraglichen Längsstreifen mit guten schwachen Objektiven selbst mit engem Oeffnungswinkel noch bei einer Linearvergrösserung von 94 erkennen, bei welcher die Querstreifen schon lange unsichtbar waren. Ich habe manchmal die *Surirella* noch gut mit Objektiven gesehen, die ich als ungenügend verwarf und wieder auseinandernahm. Nach diesen Erfahrungen begreift man, dass ich die *Surirella Gemma* unmöglich als Test für die Güte der Objektive erkennen kann, hingegen habe ich mich ihrer öfter zur Controlle der centralen Einstellung der Beleuchtung bedient. Etwas schwieriger als die *Surirella Gemma* erscheinen mir übrigens die *Surir. bifrons* und *librilis.*

XXVI.

Ueber das *Foramen Orbito-temporale* der amerikanischen Affen.

Von

F. De Filippi.

Beschäftigen wir uns mit geographischer Zoologie, so finden wir das Gesetz, dass die Species der innerhalb der Wendekreise heimathsberechtigten grossen Thiertypen in ihren äusseren Characteren gewisse eigenthümliche Verschiedenheiten darbieten, welche in Beziehung zur Gegend stehen in der dieselben leben, und je nach denen sie der orientalen oder der occidentalen Hemisphäre angehören, oder wie man gewöhnlich zu sagen pflegt, der alten oder der neuen Welt. Dieses Gesetz findet namentlich seine Anwendung auf die Affen, wovon jedes Lehrbuch der Zoologie, das mit systematischer Classification ausgestattet ist, Zeugniss giebt.

Bekanntlich sind die Affen der alten Welt *(catarrhines von Geoffroy de S. Hilaire)* gekennzeichnet durch ihre dünne Nasenscheidewand, durch 5 Backenzähne auf jeder Kieferseite, durch platte abgerundete Nägel, Backentaschen und Gesässschwielen, während die amerikanischen Affen *(platyrrhines von Geoffroy)* eine breite Nasenscheidewand haben, oft einen Greifschwanz, nie Backentaschen und Gesässschwielen, viele derselben 6 Backenzähne, einige unter ihnen seitlich zusammengedrückte, spitze Nägel.

Ich habe für die amerikanischen Affen noch ein anderes Kennzeichen gefunden, das wegen seiner Allgemeinheit und wegen seines constanten Vorkommens ein entscheidendes ist. Es ist dies ein osteologisches Merkmal, das vielleicht auf den ersten Blick von untergeordneter Bedeutung erscheint, dessen Werth jedoch viel höher anzuschlagen ist, als der eines blossen empirischen Anhaltspunctes.

Unter den osteologischen Merkmalen, welche die Affen dem Menschen zoologisch nähern, sie dagegen von allen anderen Säugethieren trennen, steht in erster Linie die vollständige Trennung der Augenhöhle von der Schläfengrube mittelst einer knöchernen Scheidewand. Dieses Unterscheidungsmerkmal ist constant für die Affen der alten Welt, aber nach meiner Beobachtung eben nur für diese, denn in den Schädeln aller Affen der neuen Welt, ohne Ausnahme, kann man in der äusseren Wand der Augenhöhle eine kleine Oeffnung erkennen, deren Grösse innerhalb gewisser Grenzen differirt. Es liegt nun sehr nahe, in dieser Oeffnung das Aequivalent der weiten Communication zwischen Augenhöhle und Schläfengrube zu erkennen, welche alle Säugethiere, von den Affen an abwärts, besitzen. Die Bedeutung dieser kleinen Oeffnung als Analogen der grossen *communicatio orbito-temporalis* wird selbstverständlich nicht geschwächt durch den Grössenunterschied, welcher zwischen beiden stattfindet, wenigstens nicht, so lange es Grundsatz ist, in der zoologischen Philosophie gleichheitliche Charactere unabhängig von ihren Raumdifferenzen zu würdigen.

Eine nähere Auseinandersetzung der Oertlichkeit der besprochenen Oeffnung wird zu deren richtiger Beurtheilung am besten beitragen.

Bei den höheren Säugethieren tragen zur Bildung der äusseren Orbital-Wand der grosse Keilbeinflügel, das Stirnbein und das Jochbein bei. Letzteres erfährt bei denjenigen Säugethieren, welche ein weites *foramen orbito-temporale* haben, die grösste Verminderung und gerade in ihm, in dem Nahtrande seines Orbital-Theils, wo dasselbe sich mit dem entsprechenden Keilbeinflügelrande vereinigt, sitzt die kleine Oeffnung, die an den Schädeln der amerikanischen Affen zur Beobachtung kommt.

Ich habe dieses Foramen in allen Geschlechtern der bezeichneten Gruppe beobachtet, doch in seiner relativ stärksten Entwickelung bei den Nyctipithecus und zwar in der Gattung, welche den Lemurinen näher steht.

Hinsichtlich seiner Lage ist das beschriebene Foramen abhängig von der Ausdehnung des Keilbeinflügels, so z. B. steht es sehr hoch, findet sich fast in der Mitte der Orbital-Wand, in der Gattung Mycetes, wegen der starken Entwickelung des Keilbeinflügels, während es z. B. im Genus Callithrix, das eine geringe Entwickelung des Keilbeinflügels zeigt, so tief liegt, dass es schwer sichtbar ist.

Der unvollständige Verschluss der Augenhöhlen-Schläfengruben-Wand der amerikanischen Affen ist ein sprechendes Zeichen für die tiefe Stellung, welche dieselben in der Scala der Vierhänder einnehmen. Durch diese Beobachtung wird die Idee eines der geschätztesten Naturforscher der Gegenwart, nach welcher mehrere Menschenraçen von mehreren entsprechenden Affen-Gruppen abzuleiten seien, unmöglich, da es ihm wohl schwer werden möchte, die Ableitung des amerikanischen Menschen von den amerikanischen Affen zu finden. Sollte jedoch der für mich unglaubliche Fall vorkommen, dass sich das *foramen orbito-temporale* auch in einer der eingeborenen amerikanischen Menschen-Raçen fände, so wäre dies zwar an und für sich noch kein Beweis für die Zusammengehörigkeit der amerikanischen Affen und dieser hypothetischen Menschenraçe, gäbe jedoch reichen Stoff für weitere Forschung.

XXVII.

Ueber die Form der Haarpapille in der Haut der Säugethiere und des Menschen.

Vorläufige Mittheilung

von

Dr. Otto Schrön in Turin.

Als ich meine ersten Injections-Präparate über die Schwanzhaut des Pferdes anfertigte, war ich überrascht zu sehen, dass die Papille der Haarwurzel eine zopfartige, gefässreiche Verlängerung in den Centralcanal des Haars schickte, welche bis zur Grenze zwischen unterem und mittleren Dritttheil der Haarwurzel reichte. Nachdem ich mich an einer grossen Anzahl von Präparaten überzeugt hatte, dass dieses Verhältniss für die Schwanzhaare des Pferdes ein constantes sei, machte ich vergleichende Untersuchungen über Grösse und Form der Haarpapille bei anderen Säugethieren und beim Menschen, welche mir das Resultat lieferten, dass die Länge der Haarpapille unabhängig ist von der Länge der Haare, dagegen in geradem Verhältniss steht zu ihrer Dicke.

Während z. B. die Papille in den längsten Kopfhaaren des Menschen ein kleines Knöpfchen bildet, dessen Längendurchmesser den Breitendurchmesser um das Doppelte überragt, ist dieselbe

schon im Barthaar des Mannes verhältnissmässig viel grösser und zeigt fast ausschliesslich die nach oben in eine Spitze auslaufende Kegelform.

In den Schwanzhaaren des Pferdes reicht die Papille, wie ich bereits oben erwähnt habe, bis zur Grenze des unteren und mittleren Dritttheils des Haarbalgs, während die Papille der Schnauzborsten der Katze häufig das zweite Dritttheil überschreitet und mit mehreren langgestreckten Gefässästen ausgestattet ist, welche im oberen Ende der Papille schlingenförmig umbiegen.

Näheres hierüber, sowie über den von Moleschott schon beschriebenen zelligen Bau der Papille, über das Breiten-Wachsthum des Haars vom Centralcanal aus, und über die Theilung der Rindenzellen in den tiefsten Theilen der Haarzwiebel, werde ich in kurzer Zeit, bei Veröffentlichung meiner Untersuchungsresultate über die normale und pathologische Haut, mittheilen.

Turin, 6. Mai 1864.

XXVIII.

Ueber zwei noch nicht beschriebene paarige Organe in der Halsgegend von Ammocoetes.

Vorläufige Mittheilung

von

Dr. **Otto Schrön** in Turin.

Dieselben liegen in der Bauchfläche, bedeckt von der Haut und der dünnen Halsmusculatur am unteren Ende des Kiemenapparats.

Das eine dieser beiden Organe, welches der Mittellinie zunächst liegt, stellt eine paarige componirte Drüse dar. Sie besteht aus mehreren Säcken, deren äussere Begrenzungswand viele radiäre Fortsätze nach dem Inneren schickt, Fortsätze, die sich im Centrum der Drüse nicht vereinigen, sondern ein freies Ende haben und die ihrer ganzen Länge nach mit einem cylindrischen, oder besser, conischen Epithel besetzt sind. Jedes der beiden Drüsenapparate hat einen Ausführungsgang. Beide Ausführungsgänge vereinigen sich um in den Magen, (oder unteren Theil des Oesophagus?) zu münden.

Das zweite ebenfalls paarige Organ, liegt etwas nach auswärts von dem eben beschriebenen und besteht aus einem knopfrunden Knötchen von circa $^1/_3$ Millimeter Durchmesser. Das ganze Organ besteht aus sehr grossen Zellen, deren starke Membran enorme Porencanäle trägt.

Da ich bis jetzt keinen Ausführungsgang dieses kleinen Organs, weder nach der Haut, noch nach einem Eingeweide finden konnte, so wage ich nicht dasselbe für eine Drüse zu erklären, umsoweniger als mir meine gegenwärtigen Untersuchungsresultate über Porencanal-Zellen verbieten, das Vorkommen von Porencanälen in Drüsenzellen anzunehmen, da sowohl die Hautdrüsen als die Darmdrüsen des Menschen und aller Säugethiere, die ich darauf untersuchte, dieselben nicht erkennen liessen, während die Malp. Zelle und die Epithelzelle des Darms dieselben constant zeigt. Auf die Wichtigkeit dieses morphologischen Unterschiedes zwischen Drüsenzelle und Hautzelle, oder resp. Epithelzelle, werde ich später zurückkommen.

Hinsichtlich der beiden angeführten Organe habe ich noch zu erwähnen, dass es mir bis jetzt nicht gelungen ist, dieselben durch eine macroscopische Präparation isolirt darzustellen, sondern dass ich dieselben nur in ganzen Querschnitten, die ich zum Zwecke vergleichender Untersuchungen über *Petromyzon fluv.* und *Ammocoetes* in grosser Menge angefertigt habe, besitze. Solche Schnitte, wenn sie die ganze Breite des Thiers umfassen, und wenn man hinreichend geübt ist, dieselben in ununterbrochener Reihenfolge anzufertigen, gewahren den Vortheil, dass sie die Lageverhältnisse der Eingeweide zu einander in vieler Beziehung deutlich erkennen lassen, und dass durch sie dem Unbekanntbleiben kleinerer Organe gegen verhältnissmässig geringen Zeitaufwand vorgebeugt wird.

Näheres hierüber werde ich mittheilen, sobald es mir meine Verpflichtungen gegen Haut und Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen erlauben.

Turin, 6. Mai 1864.

XXIX.

Ueber den Nutzeffect intermittirender Netzhautreizungen.

Von

Prof. **Ernst Brücke** [1]).

I.

Es ist ein von Talbot aufgestellter [2]) und von Plateau experimentell bewiesener [3]) Lehrsatz, dass die Wirkungsgrösse eines regelmässig intermittirenden Netzhautreizes derjenigen eines continuirlichen und constanten Reizes, für welchen in derselben Zeit für dasselbe Netzhautareal dieselbe Lichtmenge derselben Art verbraucht wird, so lange gleich sei, als die Intermissionen kurz genug sind, um für die Beobachtung vollständig zu verschwinden. Talbot gründete hierauf ein neues photometrisches Princip, und Plateau bewies die Richtigkeit dieses Princips, indem er zeigte, dass eine schnell gedrehte Scheibe mit schwarz und weissen Sectoren und ein Blatt von dem Papier, aus dem die weissen Sectoren geschnitten waren, dann gleich hell erschienen, wenn das Quadrat des Abstandes der ersteren von der Lichtquelle sich verhielt zum Quadrate des Abstandes des letzteren

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

[2]) Philosophical Magazine Ser. III. Vol. V. p. 321.

[3]) Bulletin de l'acad. roy. des sciences et des belles lettres de Bruxelles 1835, No. 2, p. 52 und No. 3, p. 89.

von der Lichtquelle, wie die summirte Breite der weissen Sectoren zur Kreisperipherie.

Betrachten wir diese Thatsache im Lichte der von Fechner in neuerer Zeit für die Intensität der Empfindung aufgestellten Formel, so fällt es sofort in die Augen, dass durch das Drehen der Scheibe der Nutzeffect des Reizmittels vermehrt worden ist.

Aus Versuchen, die theils von Fechner selbst, theils von anderen Beobachtern angestellt waren, hatte sich ergeben, dass Veränderungen der objectiven Helligkeit im Allgemeinen, wenn sie weder nach oben noch nach unten eine gewisse Grenze überschreiten, ohne Einfluss sind auf unser Unterscheidungsvermögen für kleine Differenzen der Helligkeit, so dass wir z. B. die Helligkeitsunterschiede einer Wolke, wenn wir sie durch ein nicht allzu dunkles Londonsmoke-Glas betrachten, noch ganz eben so vollständig wahrnehmen, wie mit freiem Auge. Die kleinsten Unterschiede objectiver Helligkeit also, die wir jedesmal wahrnehmen, wachsen geradlinig mit eben dieser objectiven Helligkeit. Indem nun Fechner die Zuwachse an Lichtempfindung, welche solchen eben noch wahrnehmbaren Unterschieden der objectiven Lichtstärke entsprechen, als Empfindungsdifferentiale behandelt, stellt er die Gleichung auf

$$d\,\gamma = \frac{K\,d\,\beta}{\beta}$$

in der γ die Lichtempfindung und β die objective Helligkeit bedeutet. Durch Integration erhält er

$$\gamma = K\ log.\ nat.\ \beta + C,$$

dann bestimmt er die Integrationsconstante nach der Voraussetzung, dass $\gamma = o$ sein würde, wenn β auf den sehr kleinen Werth b einer eben nicht mehr wahrnehmbaren objectiven Lichtstärke herabsinken sollte, und erhält so

$$\gamma = K\ (log.\ nat.\ \beta - log.\ nat.\ b)$$

als Ausdruck für die Intensität der subjectiven Lichtempfindung γ, die durch die objective Lichtstärke β verursacht wird.

Bleiben wir bei dieser einfachsten Form der Gleichung [1]) stehen, wie sie den Erscheinungen bei mittleren Lichtstärken, mit denen wir es allein zu thun haben, genügt.

Nennen wir das Areal des Netzhautbildes, das uns von der Scheibe erwächst, m und q den Factor, mit dem wir die summirten Breiten der weissen Sectoren multipliciren müssen, um die Kreisperipherie zu erhalten. Nennen wir ferner δ die Summe der Lichtempfindung bei ruhender Scheibe und δ_1 die Summe der Lichtempfindung bei schnell gedrehter Scheibe, so ergiebt sich

$$\delta = \frac{m}{q}\,\gamma = \frac{m}{q}\,K\,(log.\ nat.\ \beta - log.\ nat.\ b)$$

$$\delta_1 = m\,\gamma_1 = m\,K\,(log.\ nat.\ \frac{\beta}{q} - log.\ nat.\ b).$$

Als die einfachste Annahme erscheint nun die, dass beim schnelleren und schnelleren Drehen der Nutzeffect zunehme, bis er endlich in dem Augenblicke, wo das homogene Grau erscheint, das Maximum δ_1 erreicht und von da an constant bleibt.

Dies stimmt aber nicht mit der Erfahrung überein. Ich habe vielmehr die ganz unzweifelhafte Empfindung, dass das Maximum bereits früher erreicht werde, und von da ab eine geringe Abnahme eintrete, bis beim Erscheinen des homogenen Grau die Empfindung wieder constant wird.

Man wähle eine Drehscheibe, auf der Schwarz und Weiss zu gleichen Theilen aufgetragen sind, aber in verschiedenen Ringen in einer verschiedenen Anzahl von Sectoren vertheilt, und zwar so, dass die Zahl der Abwechslungen vom Centrum gegen die Peripherie hin steigt (Fig. 1). Dreht man eine solche Scheibe so langsam, dass man an den inneren Ringen noch die schwarzen und weissen Unterbrechungen unterscheidet, und zugleich so schnell, dass die äusseren gleichmässig grau erscheinen, dann wird man bemerken, dass sich zwischen beiden ein oder zwei Ringe so darstellen, dass sie weder schwarz und weiss, noch gleichmässig grau gesehen werden, sondern

---

[1]) Die weiteren Entwickelungen, die sie erfahren hat, siehe in Fechner's Psychophysik und bei Helmholtz in dessen physiologischer Optik.

mehr oder weniger farbig und flimmernd. Dreht man schneller, so rückt die Erscheinung gegen das Centrum vor, d. h. der äusserste der flimmernden Ringe wird gleichmässig grau, und statt dessen fängt der nächstfolgende, auf dem früher Schwarz und Weiss mit einander abwechselten, an, Farben zu zeigen und zu flimmern. Dreht man langsamer, so wird natürlich die Erscheinung in analoger Weise gegen die Peripherie hin verschoben. Beobachtet man einen einzelnen Ring, indem man allmählich immer schneller dreht, so sieht man, wenn das Flimmern beginnt, Violet und Gelb; dreht man wiederum geschwinder, so wird das Violet heller; beschleunigt man noch mehr, so geht es in Himmelblau, das Gelb in Orange über. Bei weiterer Beschleunigung nimmt das Flimmern ab, es macht sich ein ziemlich lichtes, etwas fleckiges Graublau als allgemeine Farbe geltend, und dies geht bei noch schnellerem Drehen in ein neutrales Grau von etwas geringerer Helligkeit über, um sich dann nicht mehr zu verändern.

Das Entstehen von subjectiven Farben durch schwarze und weisse Abwechslungen ist eine zuerst von Fechner beschriebene und seitdem allgemein bekannte, wenn gleich, wie schon Fechner wusste, nicht für alle Individuen in derselben Weise wahrnehmbare Erscheinung, die man, wie wir später sehen werden, nicht ganz erschöpfend, aus dem ungleichzeitigen Eintreten und Vergehen der verschiedenen durch die verschiedenen Strahlen des weissen Lichtes erregten Farbenempfindungen oder aus dem zeitlichen Auseinanderfallen ihrer Maxima erklärt. Auf diese Erklärung werde ich später zurückkommen.

Das, worauf es uns hier zunächst ankommt, ist die ungleiche Intensität der Lichtempfindung im Allgemeinen, die sich bei verschiedenen Drehungsgeschwindigkeiten zeigt. Für mich ist der Ring am hellsten, wenn das Violet eben in Blau übergeht. Beim schnelleren Drehen nimmt für mich die Helligkeit schon etwas ab, bei langsamerem habe ich nicht hinreichend das Gefühl der Continuität des Lichteindruckes, um mir ein Urtheil über die Helligkeit des Ringes im Allgemeinen zu bilden.

Man mag einwenden, dass man zwar zwei Abstufungen derselben Farbe leicht und sicher in Rücksicht auf ihre Helligkeit vergleichen

könne, dass dies aber schwer und unsicher werde, sobald es sich darum handelt, eine graue mit einer farbigen, ja fleckigen Oberfläche zu vergleichen; andererseits wird man aber auch zugeben, dass hier, wo es sich um ein Maas der subjectiven Empfindung handelt, auch die subjective Empfindung richten muss, und diese entscheidet sich in unserem Falle um so deutlicher, je stärker die Beleuchtung ist.

Nachdem ich mich hiervon überzeugt hatte, suchte ich die Anzahl der Lichteindrücke in der Secunde zu bestimmen, bei der ich die Empfindung der grössten Helligkeit hatte. Meine Scheiben wurden gedreht mittelst eines Schnurlaufes, der um eine kleine an der Axe feste Holzscheibe und um eine grosse, schwere Holzscheibe ging, die mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt wurde, und durch ihr beträchtliches Trägheitsmoment zugleich den Dienst eines Schwungrades leistete. War die Geschwindigkeit erlangt, die mir für einen bestimmten Ring die richtige schien, so wurden unter steter Beobachtung des Ringes die Umdrehungen eine Minute lang gezählt. Die Anzahl der Lichteindrücke in der Secunde ergab sich dann nach der Formel

$$x = \frac{nqc}{60},$$

worin n die Anzahl der Umdrehungen in der Minute, q die Anzahl der weissen Felder des Ringes und c das Verhältniss der Peripherien bedeutet, auf denen sich der Schnurlauf bewegte. Dieses Verhältniss betrug bei meinem Apparate $= 5{\cdot}76$.

Ich stellte meine Versuche mit Scheiben an, die 180 Millim. Radius hatten, und deren Zeichnungen auf Taf. I und II, Fig. 1, 2 und 3 abgebildet sind.

Da bekanntermassen auf die Resultate derartiger Beobachtungen die Beleuchtung nicht ohne Einfluss ist, so sind für die nachfolgenden Tabellen nur Zahlen verwendet, welche in Versuchen gewonnen wurden, die ich sämmtlich hinter einander an einem hellen Novembermorgen anstellte. Es ist ferner ausschliesslich an Ringen beobachet, die nur zwei oder vier weisse Sectoren hatten, weil dann der grösseren Geschwindigkeit halber die Bewegung mit den verwendeten Hilfsmitteln leichter gleichförmig erhalten werden konnte. Es ergab sich

Scheibe I.

n	q	x
48	4	18·43
46	4	17·67
89	2	17·09
91	2	17·47

Scheibe II.

n	q	x
46	4	17·67
48	4	18·43
80	2	15·36
90	2	17·28

Scheibe III.

n	q	x
43	4	16·51
47	4	18·05
84	2	16·13
88	2	16·90

Das Mittel aus allen diesen Versuchsresultaten ist 17·42; scheiden wir aber den Versuch, der 15·36 ergab, als offenbar mit einem grösseren Fehler behaftet aus, so steigt das Mittel auf 17·6.

Der Ring, welcher die doppelte Anzahl von Sectoren hatte, zeigte sich immer gleichmässig grau, aber schon bei einer geringen Verlangsamung wurde er erst schwach, dann stärker fleckig, so dass also die Zahl der Reizungen, welche das Maximum von Helligkeit gab, um etwas mehr betrug, als die Hälfte von derjenigen, welche die Anzahl der Reizungen angab, die für meine Augen und meine Versuchsbedingungen nothwendig waren, um jede Spur der Unterbrechungen vollständig auszulöschen.

Dies die unmittelbaren Resultate der Versuche; wenden wir uns nun zur Erklärung derselben.

II.

Die Fechner'sche Formel ist eine empirische; sie hat ihre Basis nur in Versuchsresultaten, sie macht keinerlei Voraussetzungen über die inneren Vorgänge des Nervensystems. Fragen wir nach dem

Grunde, aus welchem durch das Drehen der Nutzeffect überhaupt vermehrt wird, so lautet die Antwort offenbar: Der nächste Grund ist der, dass wir die Zahl der Angriffspunkte für den Reiz vermehren. Indem die Reizsumme sich auf eine grössere Anzahl von reizbaren Elementen vertheilt, werden in den einzelnen die inneren Widerstände weniger hoch gesteigert, und desshalb ist der Nutzeffect ein grösserer.

In der That kann man eine analoge Wirkung erzielen, wenn man die Summe der Angriffspunkte in anderer Weise vergrössert. Es erhellt dies unmittelbar aus einem Versuche, dessen Helmholtz in seiner physiologischen Optik erwähnt. Nachdem er Plateau's Beweis für den Talbot'schen Satz besprochen hat, fährt er fort: „Ich selbst habe ausserdem noch folgenden Weg eingeschlagen. Wenn man eine mit schmalen schwarzen und weissen Sectoren bedeckte Scheibe hat, so kann man eine scheinbar gleichmässige Vertheilung des Lichtes der weissen Sectoren über die ganze Scheibe hervorbringen, indem man zwischen Auge und Scheibe eine convexe Glaslinse bringt, welche die Accommodation verhindert. Steht die Pupille im hinteren Brennpunkte der Linse, so dass das Bild, welches die letztere von der Scheibe entwirft, in die Fläche der Pupille fällt, und grösser ist als die Pupille, so erscheint das Licht der hellen Sectoren gleichmässig über das ganze durch die Linse gesehene Gesichtsfeld ausgegossen. Nähert man dagegen die Linse der Scheibe, so sieht das Auge mehr oder minder scharf die einzelnen weissen und schwarzen Sectoren, so lange die Scheibe still steht. Ist die Scheibe in Bewegung, so bleibt die Helligkeit gleich gross, man mag die Linse dem Auge oder der Scheibe näher bringen, woraus unmittelbar folgt, dass das Auge von dem intermittirenden Lichte gleich stark, wie von einer gleichen Quantität continuirlich ankommenden Lichtes afficirt wird."

In diesem Anschauen der Scheibe durch eine Convexlinse hat man die Wirkung der Vermehrung der Angriffspunkte rein und für sich; beim Drehen der Scheibe kommt aber noch etwas anderes in Betracht, nämlich die Zeit, während welcher jedes einzelne Netzhautelement belichtet und der Ruhe überlassen wird.

Die Erreichung des Maximums von Nutzeffect muss abhängen

erstens davon, dass alle in Frage kommenden Netzhautelemente gleich stark erregt werden, und zweitens davon, dass in jedem einzelnen die Empfindungssumme, welche man erhält, wenn man innerhalb einer gegebenen Zeit die Empfindungsgrössen aller einzelnen aufeinander folgenden Zeitelemente summirt, so gross sei, wie möglich.

Diese Empfindungssumme ist $\int y\,dt$, worin y bei constanter Geschwindigkeit der Scheibe in stets gleichen Perioden wächst und abnimmt, und die Länge der Periode durch den zeitlichen Abstand je zweier aufeinander folgenden Reizungen bestimmt wird. Das Integral ist also stets zwischen solchen Grenzen zu nehmen, welche ein ganzes Vielfaches der Periode zwischen sich einschliessen, oder zwischen solchen, gegen deren Abstand die Länge der Periode als verschwindend klein betrachtet werden kann. Für den Fall von 30 und mehr Reizungen in der Secunde wird y constant, aber unsere früheren Erfahrungen haben uns gelehrt, dass $\int y\,dt$ sein Maximum bei 17·6 Reizungen in der Secunde erreicht und von da an wieder abnimmt, bis y constant wird. Wenn man das unmittelbar beobachtete verfolgt, so bemerkt man ferner, wie bereits mehrmals erwähnt wurde, dass, indem die Scheibe erst ganz langsam und dann allmälich schneller gedreht wird, nicht allein die dunkeln Sectoren heller und die hellen dunkler werden, sondern dass sie sich färben, und zwar werden die Farben immer lebhafter, indem zugleich die dunkeln heller und die hellen gesättigter werden, bis endlich, wenn die Geschwindigkeit einen gewissen Grad erreicht, die Farben wieder an Sättigung verlieren und einem erst fleckigen, dann gleichförmigen Grau Platz machen.

Man kann die von Fechner in die Psychologie eingeführten mathematischen Symbole nicht ohne willkürliche Vorraussetzungen für die Summirung von Farbenempfindungen als qualitativ verschiedenen anwenden: wir müssen uns desshalb mit Worten über das zu Stande kommen einer intensiveren Empfindung bei 17—18 Reizungen in der Secunde Rechenschaft zu geben suchen.

Theilen wir zur leichteren Uebersicht alle Erregungszustände, aus denen wir einen Beitrag zu unserer Helligkeitsempfindung ableiten können, in primäre und secundäre. Primäre nenne ich diejenigen, welche in Folge des Beginnens des Lichtreizes eintreten,

und wenn derselbe dauert, auch dauern; secundäre nenne ich solche, welche nur wahrgenommen werden, wenn der Lichtreiz aufhört oder für kürzere oder längere Zeit unterbrochen oder sehr merklich geschwächt wird.

Blicken wir auf ein beschränktes Feld, von welchem uns eine einfache Spectralfarbe, z. B. monochromatisches Roth zukommt, so besteht seine primäre Wirkung darin, uns die Empfindung Roth zu erzeugen. Je länger wir dasselbe anschauen, um so schwächer wird die Empfindung, wir sagen unser Auge werde für das Roth ermüdet, d. h. das Licht findet einen immer grösseren und grösseren Widerstand, es bringt bei derselben Intensität eine immer schwächere und schwächere Erregung hervor. Entfernen wir nun das Roth und bieten dem Auge weisses Licht dar, so erscheint an der Stelle des Roth, wie bekannt, ein grüner Fleck, der dunkler ist als der Grund. Also die Ermüdung für das Roth dauert noch eine Weile fort, ohne dass das Roth noch einwirkt. Auch das Roth in weissem Lichte ist es nicht oder doch nicht ausschliesslich, was die Ermüdung unterhält; denn wenn wir die Augen bedecken, erscheint auch im Eigenlichte derselben der dunkle grüne Fleck. Da nach längerem Anschauen die Ermüdung nur noch sehr langsam zunimmt, so haben wir keine Ursache anzunehmen, dass sie sich hier nach dem Aufhören des Reizes noch merklich steigere.

Anders verhält es sich bei Reizen von sehr kurzer Dauer, bei denen der grösste Theil der Wirkung erst zur Erscheinung kommt, nachdem der Reiz bereits aufgehört hat einzuwirken. Aber auch hier werden wir immer sagen können, dass die Summe der inneren Widerstände nach dem Aufhören des Reizes, wenn überhaupt, doch sicher nicht lange mehr zu, sondern bereits nach kurzer Zeit wieder abnimmt, nach um so kürzerer voraussichtlich, je schwächer der Reiz war.

Denken wir uns nun das monochromatisch rothe Licht nicht continuirlich, sondern mit Unterbrechungen auf unser Auge wirken.

Denken wir uns zuvörderst, die Reize so aufeinander folgen, dass sich das zweite Mal die Empfindung Roth entwickeln soll, während der durch das erste Mal erzeugte Widerstand noch nicht

merklich abgenommen hat: denken wir uns alsdann in einem anderen Versuche die Reizungen so aufeinander folgen, dass sich die Empfindung Roth ein zweites Mal entwickeln soll, während der durch das erste Mal gesetzte Widerstand bereits merklich abgenommen hat, so ist es klar, dass im zweiten Falle unter übrigens gleichen Umständen ein grösserer Nutzeffect erzielt werden wird, als im ersteren. Diese gleichen Umstände sind aber eben nur dann vorhanden, wenn in beiden Versuchen auch die Reize dieselbe Dauer haben, und das ist in den unseren nicht der Fall. In unseren Versuchen wächst die Dauer des Reizes mit der Dauer des reizlosen Intervalles und ist ihr unter allen Umständen gleich. Während nun aber die Verlängerung des reizlosen Intervalles den Nutzeffect vergrössert, wird derselbe durch die Verlängerung des Reizes vermindert, weil, wenn ich mir den Reiz in zeitlich aufeinander folgende Elemente zerlegt denke, sich die Wirkung des zweiten Elementes schon unter einem Widerstande entwickeln soll, der durch die beginnende Wirkung des ersten Elementes gesetzt worden ist.

Da wir nun das Gesetz nicht kennen, nach welchem dieser Widerstand während des Reizes zu- und während des reizlosen Intervalles abnimmt, so können wir auch nicht im vornhinein angeben, bei welcher Umdrehungsgeschwindigkeit die Summe der verlornen Kräfte, wenn ich diesen Ausdruck hier anwenden darf, ein Minimum ist.

Nehmen wir jede andere Spectralfarbe, so haben wir auf sie dasselbe Raisonnement anzuwenden, wie auf das Roth. Es gelingt uns also nicht, aus der primären Wirkung der einzelnen Componenten des Weiss, jede für sich betrachtet, eine Erklärung unserer Versuche abzuleiten. Andererseits können wir auch nicht behaupten, dass sie in solcher nicht theilweise zu suchen sei. Dass sie darin nicht ausschliesslich gesucht werden dürfe, wird sich in der Folge ergeben. Ueber die combinirten Wirkungen der Componenten des Weiss wissen wir sehr wenig. Wir wissen, dass sie gleichzeitig auftretend eine Summe bilden, aber auch dass dabei der Charakter der Empfindung so verändert ist, dass sich uns kein Mittel mehr darbietet zu beurtheilen, ob diese Summe durch einfache Addition entstanden sei: ja es ist sogar keineswegs wahrscheinlich, dass dies der Fall. Die An-

nahme, dass die subjective Helligkeit des Weiss erhalten werde durch einfache Addition der Empfindungen, welche uns durch jede einzelne der Spectralfarben erzeugt worden, ist wahrscheinlich eben so unrichtig als die, dass die Empfindung des Weiss einer objectiven Helligkeit entspreche, die durch Addition der objectiven Helligkeiten sämmtlicher Spectralfarben erhalten wird. Wir wissen, dass jede Farbe die Netzhaut für sich selbst mehr als für andere ermüdet, aber wir wissen nicht, in welchem Grade sie dieselbe für andere ermüdet. Den einzigen empirischen Anhalt möchte man in den in den flimmernden Ringen erscheinenden Complementärfarben suchen. Es ist bekannt, dass, wie die Maler sagen, Complementärfarben einander heben, Nachbarfarben aufeinander drücken. Man könnte nun denken, der Ring mit 17·6 Unterbrechungen in der Secunde erscheine uns nur wegen der in demselben auftretenden lichten Complementärfarben heller. Wenn man indessen näher auf die Sache eingeht, wird man es doch sehr zweifelhaft finden, ob dem wirklich so sei. Durch das Nebeneinandersetzen von Complementärfarben wird nämlich nicht sowohl die allgemeine Empfindung der Helligkeit, als vielmehr die specifische Empfindung der einzelnen Farben und ihres Unterschiedes gesteigert. Grün neben Roth gesetzt, macht das Roth nicht heller, sondern mehr roth, lässt es gesättigter erscheinen, d. h. weniger gemischt mit neutralem Grau von der entsprechenden Lichtstärke als es unter anderen Umständen erscheinen würde. Die Helligkeit, in der jede der Farben erscheint, wird vorraussichtlich nur bedingt werden, durch ihre eigene objective Helligkeit und durch die objective Helligkeit der Complementärfarbe, mit der sie zusammen gesehen wird. Es kann also eine Farbe in der Nachbarschaft ihrer Complementärfarbe sogar dunkler als unter anderen Umständen erscheinen. Legen wir ein dunkelvioletes Quadrat auf einen ihm complementären hell grünlich-gelben Grund, so erscheint es darauf stärker gefärbt, aber dunkler als auf einem schwarzen Grunde. Freilich erscheint auch der gelbe Grund daneben heller, aber es kann durch diese Contraste in der Helligkeit nebeneinander stehender Farben doch im Ganzen an Nutzeffect nur eingebüsst werden, indem der grösste stets dann erzielt wird, wenn alle Nervenelemente, welche überhaupt in

Betracht kommen, möglichst gleich stark erregt sind. So lange man also nicht nachweisen kann, dass nebeneinanderstehende Complementärfarben sich nicht nur in Rücksicht auf das Specifische der Farbenempfindung, sondern zugleich bezüglich der subjectiven Lichtstärke, und zwar ohne Rücksicht auf ihr objectives Helligkeitsverhältniss heben, so lange können wir aus dem Nebeneinandererscheinen von Complementärfarben in unserem Versuche die Erklärung desselben nicht mit Bestimmtheit herleiten.

Es ist möglich, dass in der Buntfarbigkeit des betreffenden Ringes mit ein Motiv liegt ihn für heller zu halten, aber es ist nicht gewiss, und das Folgende wird uns belehren, dass wir keineswegs hierin ausschliesslich oder auch nur hauptsächlich die Erklärung unserer Erscheinung zu suchen haben.

Wir werden bald sehen, dass dieselbe in den secundären Erregungszuständen, zu welchen wir jetzt übergehen, offen zu Tage liegt.

Ich habe in meinen Untersuchungen über subjective Farben [1]) die Nachbilder, die sichtbaren Symptome der secundären Zustände, in drei Arten getheilt: in positive gleichgefärbte, in positive complementärgefärbte und in negative complementärgefärbte, wobei ich mit den Ausdrücken positiv und negativ ganz denselben Sinn verband, welchen man in der Photographie damit verbindet, indem man positiv das Bild nennt, in welchem hell ist, was im Objecte hell war, und dunkel ist, was im Objecte dunkel war; während man negativ das Bild nennt, in welchem das dunkel ist, was im Objecte hell war und umgekehrt. Die negativen complementärgefärbten Nachbilder, deren gründliche Kenntniss wir namentlich Fechner verdanken, zeigen an, dass die betreffende Netzhautpartie abgestumpft ist gegen die Farbe, zu der sie direct erregt wurde, aber nicht oder doch bei weitem nicht in solchem Grade gegen andere Farben.

Da diese Bilder sämmtlich Abstumpfungsbilder sind, so können wir von ihnen keinen Zuwachs an Lichtempfindung herleiten.

---

[1]) Denkschriften. Bd. III, p. 95.

Die positiven gleichgefärbten Nachbilder, erscheinen nur bei abgehaltenem oder gedämpftem äussern Lichte, und die Unterempfindlichkeit für dasselbe hört während ihrer Dauer nicht auf; denn wenn man äusseres Licht in einiger Menge in das Auge hineinlässt, so schlägt das positive gleichgefärbte Nachbild in ein negatives complementärgefärbtes um; so dass sich also hier das Auge unterempfindlich zeigt gegen objectives Licht von derselben Farbe, welche es subjectiv empfindet. Dieselbe merkwürdige Erscheinung zeigt sich auch, wenn das Auge durch gemischtes Licht erregt worden ist und dann das positive Nachbild verschiedene Farben nacheinander zeigt. Jede einzelne schlägt beim Versuche das Bild auf einen hellen Grund zu projiciren in ihr Complement um, während das Bild zugleich negativ wird.

Abgesehen davon, dass, wie wir dies bereits berücksichtigt haben, die Lichtempfindung den Reiz stets um etwas überdauert, kommt nach kurzwährenden Reizen mittlerer Lichtstärke von positiven gleichgefärbten Nachbildern nichts zur Erscheinung, und wo sie nach stärkeren Reizen auftauchen, wieder verschwinden und wieder auftauchen, sind die Phasen und Intervalle unregelmässig und im Verhältniss zu unserer Periode von $^5/_{88}$ Secunden sehr lang, so dass wir diese Nachbilder schon desshalb nicht zur Erklärung unserer Erscheinung herbeiziehen dürften. Dagegen müssen wir die positiven complementärgefärbten Nachbilder näher in's Auge fassen. Da diese wegen ihrer sehr kurzen Dauer leicht übersehen werden, und überhaupt weniger allgemein bekannt sind als die bisher besprochenen, so muss ich kurz der Umstände erwähnen, unter denen sie bisher gesehen worden sind. Der erste, der ein solches Nachbild deutlich und so, dass es mit keinem von anderer Art verwechselt werden kann, beschrieben und abgebildet hat, ist Purkyně. Es zeigte sich ihm beim mässig raschen Schwingen einer glühenden Kohle das vordere Stück der Bahn roth, dann folgte ein kurzes dunkles Intervall und dann ein grünes Bahnstück, welches sich gleichfalls noch hell gegen den dunklen Grund absetzte [1]).

---

[1]) Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht. Berlin 1825. 8°.

Ich habe mir später ein positives complementär gefärbtes Nachbild in grosser Deutlichkeit und Schärfe dadurch zur Anschauung gebracht, dass ich eine helle Lichtflamme in 9 Zoll Entfernung eine Zeit lang durch ein rothes Glas ansah und dann schnell, aber ohne den Augapfel mit den Augenlidern zu drücken, die letzteren schloss. Ich sah dann in dem Augenblicke, wo dies geschehen war, eine helle grüne scharfbegrenzte Flamme, in der diejenigen Partieen deutlich dunkler waren, welche sich auch in der objectiven Flamme als die lichtschwächeren gezeigt hatten. Die Erscheinung ist bei mir von bedeutender Lichtstärke, und nur ihre Flüchtigkeit setzt ihrer Beobachtung einiges Hinderniss entgegen.

Später hat Aubert („Ueber die durch den elektrischen Funken erzeugten Nachbilder" in Moleschott's Unters. zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, Bd. V, S. 297) sowohl vom elektrischen Funken als auch vom Kerzenlichte unter Anwendung eines rothen Glases dieses Bild gesehen. Auch Helmholtz beobachtete positive complementärgefärbte Nachbilder, aber unter wesentlich anderen Umständen, nämlich nachdem das objective Licht schon längere Zeit — mehrere Secunden — aufgehört hatte einzuwirken. Ich muss es desshalb unentschieden lassen, ob Helmholtz und ich, wenn wir vom positiven complementärgefärbten Nachbilde reden, identische Dinge im Auge haben.

Schon Fechner scheint positive complementärgefärbte Nachbilder beobachtet zu haben, die erst längere Zeit nach dem Aufhören des Reizes eintraten; denn in einer Anmerkung (Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie Bd. 50, S. 213) heisst es von ihm: „Oefters sieht man in den ersten Augenblicken nach Beseitigung des Farbenobjectes gar nichts recht deutlich, später aber macht sich die Complementärfarbe mit grosser Intensität geltend. Zuweilen glaube ich bemerkt zu haben, dass das Nachbild einer auf schwarzem Grunde betrachteten hellen Farbe, selbst auf schwarzem Grunde angeschaut, sich noch heller als der Grund zeigt, wenn schon die Complementärfarbe deutlich ist, was auch auf ein gesondertes Verhalten der verschiedenen Bestandtheile des Lichtes im Phänomen der Nachbilder deutet. Doch gebe ich diese Erfahrung nicht für ganz sicher aus."

Wenn man hiermit das vergleicht, was Helmholtz über seine Beobachtungen an den Nachbildern der Spectralfarben sagt, so kann man in der That nicht umhin, darin mit ihm eine Bestätigung der so eben citirten Wahrnehmung Fechner's zu sehen. Ich will nur den Schlusssatz anführen, welcher lautet: „Es geht hieraus hervor, dass im positiven Nachbilde gefärbter Objecte nach momentanem Anblicke zuerst die vorherrschende Farbe schwindet und damit das Nachbild dem eines weissen Objectes ähnlich wird, wobei namentlich gewöhnlich die rosenrothe Phase eines solchen hervortritt. Dann entwickelt sich allmählich die Complementärfarbe des negativen Nachbildes, aber sie kann schon sichtbar werden, noch ehe das positive Bild negativ geworden ist, sie kann also heller erscheinen als der dunkle Grund.“

„Ich glaube das Hervortreten der Complementärfarbe darauf zurückführen zu können, dass sich zu dieser Zeit das schwach und weiss gewordene positive Bild deckte mit dem durch die Ermüdung des Auges in dem innern Lichtnebel entstehenden negativen und complementären Bilde.“ —

Uns werden im Folgenden nur die positiven Nachbilder beschäftigen, welche sogleich nach der primären Wirkung auftreten, weil wir von ihnen allein einen Aufschluss über den Grund unserer Versuchsresultate zu erwarten haben.

Zunächst handelt es sich darum, bis zu einem gewissen Grade zu ermitteln, wie sich im Augenblicke dieses Nachbildes die Receptivität für einen neuen Reiz verhält, d. h. wir müssen wissen, ob wir bei intermittirenden Reizen unser Nachbild als etwas positives für die Gesammtempfindung der Helligkeit in Rechnung zu bringen haben, oder ob es stets mit den durch das objective Licht primär bewirkten Erregungszuständen in solche Collision geräth, dass wir aus ihm keinen Zuwachs für die subjective Lichtstärke im Allgemeinen ableiten können.

Um nun diese Frage zu entscheiden, verschloss ich in der Scheibe 4, die von derselben Grösse war, wie die übrigen, die beiden gegenüberstehenden, je einen Viertelring betragenden Oeffnungen mit roth überfangenem Glase, wie es jetzt allgemein im Handel vorkommt.

Es wird, so viel ich weiss, mit Kupferoxydul gefärbt. Hinter diese Scheibe, nachdem sie auf meinem Drehungsapparate befestigt war, stellte ich zuerst eine gewöhnliche Oellampe mit einem weiss angestrichenen Reverbere.

Als ich nun bei mässig raschem Drehen durch das rothe Glas nach der Flamme blickte, sah ich, dass dieselbe weniger roth war, als ich sie vorher durch das ruhende Glas gesehen hatte, übrigens aber hell und glänzend, und als ich nun rascher und rascher und endlich sehr schnell drehte, so ward sie wieder röther, aber verlor dabei an Helligkeit. Als ich nun die Drehung wieder verlangsamte, war es mir noch deutlicher, dass die Flamme sofort wieder heller wurde, dabei aber wieder weniger roth, und als ich mit der Bewegung noch mehr und bis zum endlichen Stillestehen nachliess, trat die volle Röthe der Flamme wieder ein. Dabei nahm indessen trotzdem, dass nun doch für den Reiz gar keine Intermissionen mehr eintraten, die Flamme nicht weiter an Helligkeit zu, sondern ich hatte, je öfter ich den Versuch anstellte, um so mehr das Gefühl, dass die Flamme eben vorher heller gewesen sei, und einen ähnlichen Wechsel erlitten habe, wie ihn ein glühendes Eisen an der Grenze von Weissgluth und Rothgluth durch eine geringe Abkühlung erleidet.

Die Mengen andersfarbigen Lichtes, welche ein solches überfangenes Glass durchlässt, sind sehr klein gegenüber der des Rothen, und das von mir angewendete absorbirte das Violet, Blau und Grün der Lampenflamme bei der Spectraluntersuchung vollständig. Es konnte also nicht im entfernten an die Möglichkeit gedacht werden, dass dieser Wechsel von andersfarbigem objectivem Lichte herrühre. Ich musste mir sofort sagen, dass ich es hier mit der Wirkung des positiven complementärgefärbten Nachbildes zu thun habe. Dann lehrte aber dieser Versuch, dass für das Gefühl der Helligkeit im Allgemeinen das Nachbild als positive Grösse in Betracht komme, denn als ich so schnell drehte, dass es sich nicht entwickeln konnte, nahm die Helligkeit ab und als ich wieder langsam drehte, so nahm sie wieder zu und erlangte eine Intensität, welche sogar diejenige zu übertreffen schien, die bei continuirlicher Bestrahlung erreicht wurde.

Ich konnte in der That die Spuren unseres Nachbildes auffinden, wenn ich die Lampe so stellte, dass nicht die Flamme selbst, sondern eine hell beleuchtende Partie des Reverbere gesehen wurde. Auch hier ward bei sehr schnellem Drehen die Farbe röther und dunkler, bei langsamem weniger gesättigt und heller, zugleich aber sah ich dann nicht selten einen leichten Perlmutterschiller über sie hinzucken. Wahrscheinlich war dies jedesmal die Folge einer unmerklich kleinen Augenbewegung, bei der auf einzelnen Netzhautstellen nun weniger lichtstarke Punkte des Schirmes, als eben vorher abgebildet wurden und desshalb auf ihnen das grüne Nachbild aufleuchtete.

Noch deutlicher wurde die Sache, als ich eine Lampe wählte, deren Flamme mit einer mattgeschliffenen Glaskugel umgeben war. Diese zeigte beim Drehen im passenden Tempo an der der Flamme entsprechenden Stelle ein gelblich weisses Feld mit einem roth und grün [1]) flimmernden Hofe, der sich bald mehr, bald weniger ausbreitete, das übrige der Kugel war dunkler und roth.

Es war hierbei ganz auffallend, dass die Helligkeitsunterschiede an den verschiedenen Theilen der Glaskugel jedesmal zunahmen, wenn die Sättigung der rothen Farbe abnahm, und wiederum abnahmen, wenn die Sättigung der rothen Farbe zunahm, und zwar geschah dies sowohl, wenn diese Zunahme durch Beschleunigung, als auch, wenn sie durch Verlangsamung der Umdrehungsgeschwindigkeit hervorgerufen wurde, in dem letzteren Falle aber, wie mir schien in höherem Grade, als in dem ersteren.

Ich erkläre mir dies folgendermassen. In dem roth- und grünflimmernden Hofe wechselten Bild und Nachbild mit einander ab, in dem centralen hellen Felde dauerte wegen der grösseren objectiven Lichtstärke das Bild länger, das Nachbild kam desshalb nicht selbstständig zur Beobachtung, sondern äusserte, indem es vom Bewusstsein

---

[1]) Ich will hier sogleich bemerken, dass, wie schon Aubert (l. c.) gesehen hat, das Nachbild für das Roth dieser Gläser entsprechend der Complementfarbe blaugrün ist, und dass ich nur der Kürze wegen schlechtweg grün sage.

mit dem Bilde in eins zusammengefasst wurde, seine Wirkung dadurch, dass es das Roth durch Neutralisation in eine lichtere mehr mit Weiss gemischte Farbe verwandelte. In dem äussern rothen Theile war die objective Lichtstärke verhältnissmässig zu gering, um gegenüber den starken Effecten im Centrum die Wirkung des Nachbildes entschieden hervortreten zu lassen.

Hiernach nimmt also die Empfindungssumme, welche das positive complementärgefärbte Nachbild repräsentirt, mit wachsender objectiver Lichtstärke rascher zu, als die Intensität der primären Empfindung. Der Grad der Farbenveränderung hängt aber nicht von der Stärke des objectiven farbigen Lichtes allein ab, sondern auch von der Dauer seiner Einwirkung. Wenn ich längere Zeit durch das rothe Glas auf die Kugel gesehen hatte und dann zu drehen begann, so trat das Grün immer deutlicher hervor, als wenn mein Auge vorher von weissem Lichte beleuchtet gewesen war, und noch deutlicher zeigte sich dies, wenn ich eine Weile sehr schnell gedreht hatte und dann die Drehung verlangsamte. Dann griff das Grün weit hinaus, so dass oft die Kugel nur noch am äussern Rande einen schmalen rothen Saum zeigte. In wie weit dies von einer stärkeren Entwickelung des grünen Nachbildes herrührte, oder von localer Abstumpfung der Netzhaut für Roth, oder von Verstimmung des Bewusstseins im Allgemeinen, das lässt sich vor der Hand nicht bestimmen.

Es ist hier aber der Ort die Frage aufzuwerfen, ob wir uns den secundären Erregungszustand überhaupt als einen solchen zu denken haben, der von uns auch unter gewöhnlichen Umständen als Grün vorgestellt werden würde, oder ob er vielmehr ein solcher ist, den wir unter gewöhnlichen Umständen als Weiss bezeichnen würden, und den wir nur jetzt bei der Verstimmung unseres Bewusstseins durch rothes Licht für Grün halten. Es ist bekannt, dass bei einer solchen Verstimmung unser Bewusstsein so wenig einen richtigen und verlässlichen Aufschluss über die Natur der localen Erregungszustände gibt, wie uns unsere Augen beim Drehschwindel über Ruhe und Bewegung der Objecte richtige Wahrnehmungen zukommen lassen. Dafür, dass das Nachbild seinem localen Erregungs-

zustande nach wahrscheinlich eigentlich Weiss sei, lässt sich geltend machen, dass seine Farbe nicht als gesättigte, sondern wie dies Helmholtz auch an den von ihm beobachteten positiven complementärgefärbten Nachbildern wahrnahm, als eine mehr oder weniger mit Weiss gemischte erscheint; indessen lässt sich dies, wie wir später sehen werden, auch noch auf andere Weise erklären. Andererseits spricht der beträchtliche Einfluss, den dieses Bild auf die Abschwächung des Roth ausübt, doch für seine von Hause aus farbige Natur. Roth kann ich in weiss verwandeln, durch Hinzufügen eines Aequivalents von Grün oder, was dasselbe ist, derjenigen Menge von Weiss, die dieselbe Menge von Roth enthält, nachdem ich dieses Roth vorher herausgenommen habe; aber durch Hinzufügen von Weiss als solchem Roth in Weiss zu verwandeln, das gelingt erst dann, wenn die Menge des Weiss so gross ist, dass das Roth darin verschwindet. Absolut beweisend ist auch dieses Argument nicht, weil uns eben die Verstimmung unseres Bewusstseins kein verlässliches Urtheil über den Grad der Farbenveränderung gestattet. Man wird aber später bei Vergleichung der beobachteten Thatsachen und der Möglichkeiten sie zu erklären, wie ich glaube, doch finden, dass die Wahrscheinlichkeit mehr auf Seite dieser letzteren Annahme sei.

Eine andere Frage, die wir hier nicht umgehen können, lautet: Welche Gestalt nehmen unsere Vorstellungen von der secundären Wirkung an, je nachdem wir uns einer der beiden Hypothesen über Farbenempfindung anschliessen, welche jetzt um den Vorrang streiten, der bisher im Allgemeinen gangbaren, dass sie verschiedenartigen Zuständen in ein und derselben Art von Nerven entsprechen, oder der von Thomas Young aufgestellten und von Helmholtz mit so vielem Scharfsinn näher begründeten, dass sie uns als combinirte Empfindungen aus drei verschiedenen Arten von Nerven zugeführt werden.

Wenden wir uns der ersteren Ansicht zu, so müssen wir, falls wir das Nachbild für von Hause aus grün halten, sagen, dass die Nervenfaser, nachdem sie zu der Empfindung Roth erregt worden, darnach für kurze Zeit in den Erregungszustand übergehe, der in uns die Vorstellung der Complementärfarbe, des Grün, hervorruft. Wir schliessen uns dann also in Rücksicht auf die Entstehung dieses

Nachbildes wesentlich den Ideen an, welche Plateau über die Entstehung der Nachbilder überhaupt hegte.

Halten wir das Nachbild für von Hause aus weiss und sind der Meinung, dass es nur wegen der Verstimmung unseres Bewusstseins als grün vorgestellt werde, so müssen wir sagen, dass eben dieser secundäre Erregungszustand nicht den Charakter einer bestimmten Farbe, sondern den des Weiss, respective Grau, repräsentire. Er würde dann präsumptiver Weise qualitativ immer ein und derselbe sein, gleichviel welche Farbe primär eingewirkt hatte.

Stellen wir uns auf den Standpunkt der Young'schen Hypothese, so müssen wir, um ein von Hause aus grünes Nachbild zu erklären, annehmen, dass in allen Fasern ein secundärer Erregungszustand eintrete, dass derselbe aber in denjenigen am stärksten ausfalle, welche der primären Erregung zum Roth den meisten Widerstand geleistet hatten. Man denke sich, dass der Verlust an lebendiger Kraft, welchen die in die Netzhaut eintretenden Strahlen innerhalb derselben erlitten, unabhängig oder doch nur in untergeordnetem Grade abhängig davon gewesen sei, ob der Strahl in ein Nervenelement eindrang, das uns die Empfindung Roth verursacht, oder in ein solches, das uns die Empfindung Violet erzeugt.

Man denke sich weiter, dass derjenige Theil der verlorenen lebendigen Kraft, der die primäre Wirkung erzeugte, als lebendige Kraft abgegeben und in irgend welcher Gestalt zum Gehirne fortgeleitet wurde: dass sich dagegen der Rest der verlorenen lebendigen Kraft an Ort und Stelle in Spannkraft umsetzte, und dass sich diese nachdem der Reiz aufgehört hatte zu wirken, wieder zu lebendiger Kraft regenerirte und so unser Nachbild hervorbrachte. Wenn die so entstandene lebendige Kraft einen an ihrer Erzeugungsstätte angebrachten wirksamen Reiz repräsentirte, so erklärt sich daraus erstens, dass unser Nachbild positiv und zweitens dass es complementär gefärbt war, weil der Annahme nach in den betreffenden Elementen um so mehr Spannkraft angehäuft war, einen je grösseren Widerstand sie der primären Erregung zum Roth entgegengesetzt hatten. Es erklärt sich hierdurch auch, dass das Nachbild nicht den Eindruck einer gesättigten, sondern den einer mit Weiss gemischten Farbe

machte; weil eben alle Netzhautelemente, die das Licht getroffen, secundär erregt wurden, nur diejenigen schwächer, welche bereits mit stärkeren primärer Empfindung antworteten.

In dieser Hypothese liegt auch eine Erklärung dafür, dass die Helligkeit, welche durch mässig schnelles Drehen erzeugt werden konnte, verhältnissmässig so bedeutend erschien, gegenüber der, welche wir durch das ruhende Glas wahrnahmen. Nach ihr kam uns nämlich bei ruhender Scheibe die Hauptmasse der Lichtempfindung durch eine beschränkte Anzahl von Nervenfasern zu, die übrigen, als für rothes Licht primär schwer erregbar, nahmen daran nur geringen Antheil. Eine Zunahme der objectiven Helligkeit konnte hier nur immer eine verhältnissmässig geringe Zunahme der subjectiven Helligkeit hervorrufen, denn die Roth empfindenden Fasern waren schon schwer erregbar durch die Steigerung der inneren Wiederstände, die übrigen waren an sich schwer erregbar für rothes Licht. Beim Drehen dagegen wurden gerade die letzteren vorzugsweise von der secundären Erregung angefasst und so eine gleichmässigere Betheiligung aller Netzhautelemente und damit eine verhältnissmässig grössere subjective Helligkeit hervorgerufen.

Nimmt man an, dass unser Nachbild eigentlich ganz weiss sei und nur vermöge der Verstimmung unseres Bewusstseins als complementär gefärbt vorgestellt werde, so muss man selbstredend unsere Hypothese dahin ändern, dass man vorraussetzt die Menge der aufgespeicherten Spannkraft, die sich secundär in lebendige Kraft umsetzt, sei unabhängig von der specifischen Erregbarkeit der Netzhautelemente.

Aehnliche Versuche, wie mit rothem Lichte, habe ich auch mit gelbem angestellt, indem ich die Scheibe ohne rothe Gläser anwendete und durch die Ausschnitte nach der Flamme einer Weingeistlampe sah, deren Docht mit Kochsalz eingerieben war. Die Flamme wurde ebenfalls beim mässig schnellen Drehen mehr hellgelb, beim sehr schnellen Drehen wieder satter gelb und (subjectiv) weniger lichtstark. Indessen war die Erscheinung doch weniger auffallend als beim rothen Lichte.

Durch ein grünes Glas gesehen zeigte die Glaskugel der vor-

erwähnten Oellampe einen schön gelb und violetten Flimmer, der bei sehr schnellem Drehen unter gleichzeitiger Abnahme der subjectiven Helligkeit schwand. Aber dies grüne Glas liess noch Strahlen von allen Wellenlängen durch; das monochromatische Grün verhielt sich wesentlich anders.

Diffuses Tageslicht fiel durch eine Spalte auf ein Flintglasprisma und aus diesem austretend durch die Ausschnitte der Scheibe 4 in die Augen. Beim Drehen wurde das Grün des so erzeugten Spectrums gelb und beim sehr schnellen Drehen unter gleichzeitiger Abnahme seiner Helligkeit wieder grün. Hier musste also die Farbenempfindung, welche durch die secundäre Erregung neu hinzugebracht wurde, nicht dem Complement des Grün, Purpur, entsprechen, sondern mehr einem dem Orange nahen Farbentone. Da beim Roth die secundäre Farbe dem Complemente genau oder doch sehr nahe zu entspricht, so liegt hierin eine Verschiedenheit beider Farben, deren Grund wir, wenn wir den Standpunkt der Young'schen Hypothese festhalten, wahrscheinlich darin suchen müssen, dass die Fasern, welche hier der primären Erregung den stärksten Widerstand entgegengesetzt hatten, andere waren als beim Roth, und dass gewisse uns noch nicht näher bekannte Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten von Fasern rücksichtlich ihrer secundären Erregbarkeit stattfinden mögen. Zu bemerken ist, dass bei unserem Versuche das Grün unter verhältnissmässig immerhin geringer Aenderung seiner subjectiven und bei gleich bleibender objectiver Lichtstärke eine ähnliche Wandlung zum Gelb eingeht, wie sie sonst auch bei bedeutender Steigerung der objectiven Helligkeit beobachtet wird.

Ich habe das Spectrum auch benützt, um in ähnlicher Weise das monochromatische Blau und Violet zu untersuchen, aber an ihnen keine ähnlichen Erscheinungen wahrnehmen können. Bei der mässigen Lichtstärke, unter der hier beobachtet wurde, beweist dies noch nicht, dass das Licht kurzer Schwingungsdauer überhaupt keine secundäre Wirkung erzeugt, aber das darf man daraus schliessen, dass dieselbe bei der secundären Wirkung, welche das Weiss als Ganzes hervorruft, gegenüber der von Roth, Gelb und Grün wenig in Betracht kommen wird, zumal da sich auch, als ich eine Flamme und später

auch die bewusste Glaskugel durch eine Lösung von Kupferoxyd-ammoniak betrachtete, wenigstens für mein Auge, keine sichere und unzweifelhafte Veränderung erzielen liess.

Kehren wir nun zu unseren ursprünglichen Versuchen mit den Scheiben 1, 2 und 3 zurück, so kann man wohl nach dem Bisherigen keinen Zweifel hegen, dass es, wenn auch vielleicht nicht ausschliesslich, doch sicher zum guten Theil, die von den einzelnen Componenten des Weiss erregten Nachbilder waren, welche den Ring, in dem 17·6 Reizungen auf die Secunde kamen, heller erscheinen liessen als den, in welchem Weiss und Schwarz doppelt so oft mit einander abwechselten. Auch beim rothen, gelben und grünen Lichte war bei 17·6 Reizungen in der Secunde die subjective Helligkeit stets grösser als beim sehr schnellen Drehen und die Farbe verändert; ob aber beide Erscheinungen gerade im Maximum waren, konnte ich nicht ermitteln, weil sie sich beim schnelleren und langsameren Drehen anfangs nur langsam änderten und mit der Dauer des Versuches die Verstimmung des Bewusstseins durch das farbige Licht so sehr zunahm, dass ich mir kein sicheres Urtheil mehr zutrauen konnte.

Die beim Drehen unserer Scheiben entstehenden subjectiven Farben, welche ich die Fechner'schen nennen will, hat man bis jetzt mit dem Entdecker auf das ungleichzeitige Eintreten und Vergehen der verschiedenen durch die verschiedenen Strahlen des weissen Lichtes erregten Farbenempfindungen oder auf das zeitliche Auseinanderfallen ihrer Maxima, also ausschliesslich auf die primäre Wirkung zurückgeführt. Wir müssen jetzt, so weit es thunlich ist, ermitteln, welcher Antheil an ihnen der secundären Erregung zukommt.

Drehe ich die Scheibe 1 mit einer Geschwindigkeit von $27^1/_2$ Kurbelumgängen in der Minute, so sehe ich das Schwarz des ersten Ringes am Centrum grün. Das Grün ist, wenn es schwach ist, dunkel olivengrün, wenn es aber, wie dies gewöhnlich nach einiger Zeit geschieht, lebhafter wird, ziemlich rein grün, weder entschieden blaugrün, noch entschieden gelbgrün. Dieses Grün rührt von der secundären und nicht von der primären Wirkung her. Dass das letztere nicht der Fall sei, erkennt man schon daran, dass die Grenze zwischen Schwarz und Weiss noch gut und deutlich gezeichnet ist.

Man kann aber auch die Entwickelung des Nachbildes direct verfolgen, indem man allmählich langsamer dreht, dann verbreitet sich das Grün auch auf den zweiten und endlich auf den dritten Ring und nun sieht man oft recht deutlich, wie der vorangehende Theil des Sectors entsprechend dem schon von Purkyně beobachteten kurzen dunkeln Intervall noch schwarz oder doch dunkler ist und erst der übrige Theil lebhafter grün.

Dass dies Nachbild nach weissem Lichte grün erscheint, ist gewiss überraschend, und doch erschien es nicht mir allein so, sondern auch mehreren Anderen, denen ich es zeigte. Es scheint mir nicht erlaubt, dies mit der permanenten Verbreitung von rothem Licht im Innern der Augen in Zusammenhang zu bringen.

Ich habe in meinen Untersuchungen über subjective Farben (Denkschriften Bd. III, Seite 96, Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie Bd. 84, Seite 421) gezeigt, dass man in dem bekannten Versuche von Dr. Smith in Fochabers desshalb das eine der Doppelbilder grün, das andere roth sieht, weil im Auge der der Lichtquelle zugewendeten Seite mehr Licht durch Sclerotica und Chorioidea eindringt, in diesen Häuten durch Absorption roth wird, und nun als gefärbtes Licht die Retina verstimmt. Da nun überall, wenn wir uns in hellen Räumen befinden, dergleichen diffuses röthliches Licht in unsern Augen ist, so könnte man denken, vermöge der dauernden Einwirkung dieses Lichtes sei ein gewisser Grad von Abstumpfung für die Empfindung Roth vorhanden, in Folge welcher die secundäre Erregung als grün empfunden werde. Es müsste dann aber erstens erklärt werden, warum weisses Licht nicht auch primär, wenn es hinreichend geschwächt wird, die Empfindung von Grün erzeugt, und zweitens stimmt auch das Grün, welches ich auf der Drehscheibe sehe, nicht überein mit dem, welches ich im vorerwähnten Doppelbilde wahrnehme. Letzteres ist entschieden mehr blaugrün.

Fragen wir uns aber auch: Welches Recht hatten wir zu erwarten, dass das Nachbild weiss sein solle? Die Antwort lautet: Gar keines. Wir haben vorhin gesehen, dass die verschiedenen Componenten des Weiss sich in sehr ungleichem Maasse an der

Hervorbringung der secundären Wirkung betheiligen; wir haben ferner gesehen, dass die secundäre Erregung bei der einen Farbe complementär zur primären war, bei der anderen aber nicht; wir haben endlich gesehen, dass die Zunahme der secundären Erregung bei wachsender objectiver Lichtstärke anderen Gesetzen folgt, als die der primären. Wesshalb sollte hier, wenn die Summe der primären Wirkungen Weiss ist, die Summe der secundären Wirkungen auch Weiss sein? Dass sie eben Grün ist, ist etwas was wir als eine Thatsache hinnehmen müssen, die sich nach den uns vorliegenden Daten nicht hätte voraus bestimmen lassen, die aber auch mit denselben in keinerlei fühlbarem Widerspruche steht.

Dreht man wieder mit der ursprünglichen Geschwindigkeit von $27^1/_2$ Kurbelumgängen in der Minute und betrachtet nun den zweiten Ring vom Centrum aus, so erscheint derselbe im ganzen weiss und schwarz, nur hat das Weiss einen bei mir schwach gelbgrünlichen, wenn das Auge bereits ermüdet ist, auch wohl perlmutterartig schillernden Ueberzug. Das Schwarz, auf dem bisweilen ein sehr dunkel indigblauer Schein entsteht, erscheint mir deutlich dunkler als das des ersten Ringes. Dies ist eine Thatsache, die auf den ersten Anblick sehr auffällt, da hier das schwarze Intervall doch nur halb so lang ist, als bei der gleichen Geschwindigkeit das im ersten Ringe; sie erklärt sich aber daraus, dass hier in dasselbe das dunkle Intervall zwischen Bild und Nachbild fällt, während das Nachbild selbst, welches im ersten Ringe auch auf Schwarz projicirt wurde, schon auf das nächstfolgende Weiss fällt. Dieser Ring, obgleich die Grenzen zwischen Schwarz und Weiss schon verwischt sind, ist doch mehr schwarz und weiss als irgend ein anderer der ganzen Scheibe. Es erklärt sich dies daraus, dass das schwache farbige Nachbild auf Weiss projicirt wenig sichtbar ist; andererseits aber zeigt es zugleich, dass bei dieser Geschwindigkeit des Wechsels die Erscheinungen, welche durch das zeitliche Auseinanderfallen der Farben in der primären Wirkung entstehen, noch sehr wenig merklich sind.

Aus dem so eben Beschriebenen können wir bestimmen, wie bald nach dem Aufhören des Reizes, unter Bedingungen, wie die unseren, das Nachbild auftritt. Bei $27^1/_2$ Kurbelumdrehungen in der

Minute, dauert jeder Umgang der Scheibe $\frac{300}{792}$ Secunden, also jedes schwarze oder weisse Intervall des zweiten Ringes als ein Viertel davon $\frac{75}{792}$, also nahezu ein Zehntel Secunde.

Es ist aber wohl zu bemerken, dass erstens dies nicht alles Pause zwischen Bild und Nachbild ist, sondern die Zeitdauer vom Aufhören des Reizes bis zum Erscheinen des Nachbildes, und zweitens, dass der Beginn der secundären Erregung nicht scharf als ein bestimmter Moment aufgefasst werden kann, indem sie, wie das grüne Nachbild bei ganz langsamer Drehung zeigt, sich allmählich, wenn auch ziemlich schnell, entwickelt und ebenso abklingt.

Der dritte Ring ist lebhaft farbig und flimmernd. Hier fällt offenbar das Nachbild wieder auf ein schwarzes Ringstück, aber von nun an sind die Intervalle auch so kurz, dass das Nachbild auch schon mit auf das Weisse hinübergreift, und bei dieser Geschwindigkeit nicht mehr gefragt werden kann, ob im vierten, fünften etc. Ringe das Nachbild auf einen schwarzen oder weissen Sector fällt, da es immer deren mehrere bedeckt. Zugleich existirt in diesem dritten Ringe für das Auge kein Schwarz und Weiss mehr, indem nun die chromatische Auflösung des letzteren in der primären Wirkung und die Verbreitung der Farben über das Schwarz bereits erfolgt. Wir haben also den farbigen Flimmer in diesem und dem folgenden Ringe (der fünfte ist bereits gleichmässig grau) aufzufassen als eine combinirte Erscheinung, die theils ihren Grund hat in dem zeitlichen Auseinanderfallen der Farben in der primären Empfindung, theils in dem periodischen Auftauchen der Nachbilder.

Dass wir gerade urtheilen, das Maximum der Helligkeit zeige sich bei 17·6 Reizungen in der Secunde, hat, wie mir scheint, darin seinen Grund, dass bei einer geringeren Anzahl die Netzhautelemente durch die primäre Wirkung noch nicht gleichmässig genug in Anspruch genommen, die Unterschiede von Hell und Dunkel noch zu gross sind, während bei einer grösseren Anzahl die Reizungen so rasch aufeinander folgen, dass dadurch die wirksame Entwickelung des Nachbildes schon genugsam behindert wird, um von hier an wieder eine Abnahme der Helligkeit eintreten zu lassen.

III.

Es hat sich in unseren Versuchen gezeigt, dass sich der Nutzeffect einer gegebenen Lichtmenge erhöhen lässt, indem man sie nicht als continuirlichen, sondern als periodisch unterbrochenen Reiz verwendet. Man könnte daran denken, dies praktisch zu verwerthen. Es würde in der That nicht schwer sein, eine Gasbeleuchtung so einzurichten, dass jede Flamme in der Secunde 17—18mal klein und wieder gross wird, aber das unerträgliche Flimmern würde der Deutlichkeit des Sehens viel mehr schaden, als ihr durch die grössere Helligkeit genützt würde. Nur bei Signallichtern könnte man von diesem Uebelstande absehen, aber auch hier darf man sich keinen wesentlichen Vortheil versprechen. So lange man ein Signallicht überhaupt noch hell und deutlich sieht, kommt nichts darauf an, ob es etwas heller oder etwas weniger hell erscheint; die Grenzen seiner Sichtbarkeit zu erweitern, nur das ist es, was man anstrebt, und das kann man auf unserem Wege nicht erreichen, weil mit sinkender Helligkeit die secundäre Wirkung rasch abnimmt, und in der Nähe der Grenze der Sichtbarkeit gleich Null ist.

Dagegen ist es von praktischem Interesse, zu wissen, wie lange ein mittlerer oder schwacher Lichtreiz einwirken müsse, um diejenige subjective Helligkeit hervorzubringen, welche er überhaupt hervorzubringen vermag. Bei Anwendung eines jeden Systems der Verständigung, das auf Combination von kürzer und länger dauernden Lichtzeichen beruht, kommt es darauf an, zu wissen, wie weit man die Dauer eines Zeichens verkürzen könne, ohne seine Tragweite dadurch zu beeinträchtigen. Da hierüber, so viel ich weiss, bis jetzt keine Beobachtungen gemacht sind, so habe ich folgenden Versuch angestellt:

Eine weisse Scheibe mit einem schwarzen Halbringe, Fig. 5, wurde auf meinem Rotationsapparate befestigt. Indem ich sie durch ein umgekehrtes kleines galiläisches Fernrohr ansah, drehte ich sie erst langsam, dann schnell und schneller und dann allmählich wieder langsamer. Richtete ich nun das Fernrohr so, dass ich nur ein Stück der Scheibe, und zwar ein excentrisches im Sehfelde hatte,

so sah ich bei sehr schnellem Drehen natürlich einen grauen Bogen, der bei Verlangsamung der Umdrehungsgeschwindigkeit zu flimmern, in raschen Perioden heller und dunkler zu werden anfing: bei noch grösserer Verlangsamung aber verschwand er von Moment zu Moment ganz und erschien dann, scheinbar mit einer springenden Bewegung, wieder. Die Grenze, wo dies zuerst eintrat, war offenbar die, welche ich suchte, denn hier war auf Augenblicke das Sehfeld gleichmässig weiss, also jede Spur der vorhergegangenen dunkeln Unterbrechung verwischt und die subjective Helligkeit vollkommen zu derselben Höhe gelangt, wie bei dauernder Belichtung. Herr Dr. Stricker, Assistent am physiologischen Institute, und ich machten an einem nicht zu hellen Nachmittage des Jänner bei diffusem Lichte sechs Bestimmungen, indem jedesmal der eine von uns beobachtete und die Umdrehungen zählte, während der andere nach der Secundenuhr das Zeichen zum Beginn und Aufhören des Zählens gab. Wir zählten in den sechs Versuchen 28, 27, 26, 28, 26, 27 Kurbelumgänge in der Minute. Da ich bei der höchsten der erlangten Zahlen, bei 28 Kurbelumgängen in der Minute, noch die volle Gewissheit hatte, das Springen jedes einzelne Male gesehen zu haben, so kann ich diese der weiteren Rechnung zu Grunde legen. Sie entspricht 161·28 Umdrehungen der Scheibe in der Minute. Jede Umdrehung dauerte also 60 : 161·28, das sind 0·372 Secunden, und da das Weiss die halbe Peripherie einnahm, so war die Dauer der Reizung 0·186 Secunden. Ein Lichtsignal also, das 0·186 Secunden dauert, wird noch ebenso weit hin wahrnehmbar sein, wie wenn es mit derselben Lichtstärke beliebig längere Zeit geleuchtet hätte, geht man aber unter diesen Zeitwerth hinunter, so kann dies voraussichtlich nur auf Kosten der Reichweite des Signals geschehen, wenn man es nicht in seiner Hand hat, die Lichtstärke entsprechend zu steigern. Diese Zahl wird desshalb auch überall da zu berücksichtigen sein, wo man ein Signallicht remittirend einrichtet, sei es um am Leuchtmaterial zu sparen, sei es um das Signal von anderen Lichtern zu unterscheiden.

XXX.

Ueber die Farbstoffe der Galle.

Von

Dr. G. Städeler,

Professor der Chemie in Zürich.

Obwohl die Gallenpigmente wiederholt Gegenstand chemischer Untersuchungen gewesen sind, so sind wir doch über die Zusammensetzung und die chemische Natur dieser Stoffe wenig aufgeklärt. Wir besitzen zahlreiche Analysen von Scherer [1]), Hein [2]) und Heintz [3]), aber die erhaltenen Resultate zeigen keine Uebereinstimmung, und Scherer und Hein versuchten es deshalb auch nicht, Formeln für die analysirten Körper zu berechnen. Heintz extrahirte die von Cholesterin, Fett und Erden möglichst befreiten Gallensteine mit kohlensaurem Natron und fällte aus der Lösung das Gallenpigment mit Salzsäure. Auf diese Weise wurde ein dunkel grünlich brauner Körper erhalten, das Biliphäin, dessen Zusammensetzung am nächsten mit der Formel C_{31} H_{18} N_2 O_9 übereinstimmte. Heintz analysirte auch den durch freiwillige Oxydation aus dem Biliphäin entstehenden grünen Farbstoff, das Biliverdin, und da er dieses

[1]) Annalen der Chem. u. Pharm. LIII. 377.

[2]) Erdmann's Journal. XL. 47.

[3]) Poggendorff's Annalen. LXXXIV. 106.

der Formel C_{16} H_9 N O_5 entsprechend zusammengesetzt fand, so hielt er es für wahrscheinlich, dass das Biliphäin 1 Aeq. Kohlenstoff mehr enthalte, als sich aus der Analyse ergeben hatte, also nach der Formel C_{32} H_{18} N_2 O_9 zusammengesetzt sei.

Aber auch gegen diese Formel lässt sich ein Einwand erheben, nämlich der, dass wir keinen organischen Körper kennen, welcher eine ungerade Zahl von Sauerstoffäquivalenten enthält, und es wurde daher mehr als wahrscheinlich, dass das von Heintz analysirte Biliphäin ein Gemenge von verschiedenen Farbstoffen gewesen sei. Diese Ansicht erhielt schliesslich ihre Bestätigung durch eine Untersuchung von Valentiner [1]), welchem es gelang aus Galle und aus Gallensteinen mit Chloroform einen Farbstoff auszuziehen, der in rothen Krystallen anschoss und in ausgezeichneter Weise die bekannte Gmelin'sche Gallenpigmentreaction gab. Valentiner glaubte in dem Gallenroth, das er für identisch mit dem Hämatoidin hielt, die einzige Ursache dieser Reaction zu erkennen, während Brücke [2]) nachwies, dass das Gallenroth in alkalischer Lösung durch Sauerstoffaufnahme in Biliverdin übergehe, dass dieses auch in der mit Chloroform extrahirten menschlichen Galle enthalten sei, und mit Salpetersäure, wie schon Heintz beobachtet, ebenfalls ein lebhaftes Farbenspiel zeige. Eine Analyse des Gallenrothes ist nicht gemacht worden, und vergleicht man die Formel, welche sich aus Robin's Analysen für das Hämatoidin [3]) berechnet: C_{30} H_{18} N_2 O_6 mit der Formel des Biliverdins: C_{16} H_9 NO_5 oder C_{32} H_{18} N_2 O_{10}, so ergibt sich, dass das letztere im Verhältniss zum Stickstoff mehr Kohlenstoff enthält, als das Hämatoidin, dass also, wenn Robin's Analysen richtig sind, das Biliverdin nicht durch Oxydation aus dem Hämatoidin entstehen kann.

Vor etwa 8 Jahren habe ich [4]) gemeinschaftlich mit Frerichs darauf aufmerksam gemacht, dass die Gallensäuren durch ein sehr einfaches Verfahren in Farbstoffe verwandelt werden können, und dass

---

[1]) Günzburg's Zeitschrift. 1858. S. 46.

[2]) Wiener Sitzungsber. d. Akad. d. W. XXXV. 13.

[3]) Annal. der Chem. u. Pharm. CXVI. 89.

[4]) Mittheil. d. naturf. Gesellsch. in Zürich. IV. 100.

diese Körper in ihrem Verhalten gegen Salpetersäure viel Aehnlichkeit mit den natürlich vorkommenden Gallenpigmenten zeigen. Es lag die Ansicht nahe, dass die Gallenpigmente ihr Entstehen der aus dem Darmkanal resorbirten, oder bei Icterus der aus der Leber in die Blutbahn gelangten Galle zu verdanken hätten, und wir wurden in dieser Ansicht bestärkt, da wir fanden, dass nach der Injection von gallensauren Salzen der Harn von Hunden, wenn nicht regelmässig, doch in den meisten Fällen beträchtliche Mengen von wirklichem Gallenpigment enthielt. — Unsere Versuche sind theils von unseren Schülern, theils von anderen Forschern mit gleichem Resultat oft wiederholt worden und Niemand läugnet die Richtigkeit der von uns beobachteten Thatsache. Meinungsverschiedenheiten herrschen nur darüber, ob die Gallensäuren in der Blutbahn direct in Pigmente verwandelt werden, oder ob die Pigmentbildung der auflösenden Wirkung dieser Säuren auf das Blutroth zugeschrieben werden müsse. Durch blosse *Injectionsversuche*, wie es bisher geschehen ist, liess sich die Frage offenbar nicht genügend beantworten, während von einer vergleichenden chemischen Untersuchung der künstlichen und der natürlich vorkommenden Gallenpigmente bestimmte Aufschlüsse zu erwarten standen.

Um diese Vergleichung vornehmen zu können, habe ich mich zunächst mit einer Untersuchung der natürlichen Gallenpigmente beschäftigt. — Indem ich die erhaltenen Resultate mittheile, benutze ich zugleich die Gelegenheit, allen Freunden und Collegen, die mich durch Zusendung von Material bei dieser Untersuchung unterstützt haben, meinen Dank hiemit auszusprechen.

Farbstoffe der menschlichen Gallensteine.

Stark pigmentirte Gallensteine, von denen einige rothbraun waren und fast ganz aus Pigment bestanden, wurden zerrieben und durch Behandlung mit Aether von Cholesterin und Fett befreit. Der Rückstand wurde zur Entfernung von etwa beigemengter Galle mit heissem Wasser extrahirt und dann nach dem Trocknen wiederholt mit Chloroform ausgekocht. Die Auszüge enthielten nur wenig Farbstoff; beim Verdunsten blieb ein geringer grünlichbrauner klebender Rückstand,

in welchem man mit dem Mikroskop die von Valentiner beschriebenen elliptischen gelben Blättchen des Gallenroths in spärlicher Menge beobachtete.

Der mit Chloroform extrahirte Rückstand der Gallensteine wurde nun mit verdünnter Salzsäure behandelt. Es entwickelte sich Kohlensäure und das violette Filtrat, das übrigens mit Salpetersäure nur eine undeutliche Pigmentreaction gab, enthielt eine grosse Menge von Kalk neben etwas Magnesia, zum Theil an Phosphorsäure gebunden. Auch ohne quantitativen Versuch war leicht zu erkennen, dass die entwickelte Kohlensäure und die vorhandene Phosphorsäure in keinem Verhältniss standen zu den aufgefundenen Basen; diese mussten also zum Theil an die organischen Körper gebunden gewesen sein.

Nach dem Auswaschen und Trocknen war der Rückstand dunkel braungrün. Siedendes Chloroform nahm jetzt eine sehr beträchtliche Menge des Farbstoffs auf. Die Auszüge waren anfangs dunkel gefärbt und hinterliessen beim Verdunsten einen sehr dunkeln Rückstand, der bei der Hitze des Wasserbades schmolz und beim Erkalten krystallinisch erstarrte. Bei der Behandlung dieser Masse mit absolutem Weingeist wurde neben anderen Stoffen ein braunes Pigment ausgezogen, das ich Bilifuscin nennen werde, während eine ansehnliche Menge von Gallenroth, Bilirubin, aber in sehr unreinem Zustande zurückblieb.

Als der Gallenstein-Rückstand an Chloroform kein braunes Pigment mehr abgab, hatte er eine helle Olivenfarbe angenommen. Er enthielt noch viel Gallenroth und daneben einen grünen Farbstoff, Biliprasin, das sich in Weingeist mit schön grüner Farbe löste. Dieses wurde zunächst durch wiederholte Behandlung mit Weingeist entfernt und dann das Gallenroth vollends mit siedendem Chloroform extrahirt.

Nach den angegebenen Behandlungen blieb endlich ein in Wasser, Weingeist, Aether, Chloroform und verdünnten Säuren unlöslicher Rückstand, ein dunkler huminähnlicher Körper, für den der Name Bilihumin passend sein dürfte.

1. Bilirubin.

Um diesen Farbstoff, der in vorwiegender Menge in den menschlichen Gallensteinen vorkommt, zu reinigen, wurde er einige Male in Chloroform gelöst, die filtrirte Lösung verdunstet und der Rückstand mit Aether und Weingeist gewaschen. Der abfliessende Weingeist zeigte sich immer mehr oder minder grün bis grünlichbraun gefärbt, während das Bilirubin als ein lebhaft rothes bis orangerothes, körnig-krystallinisches Pulver zurückblieb.

Bei der Analyse des so gereinigten Farbstoffes wurden Zahlen erhalten, die mit keiner annehmbaren Formel genügend übereinstimmten, woraus auf eine Verunreinigung geschlossen werden musste. Diese zu beseitigen gelang mir dadurch, dass ich die Chloroformlösung nur bis zur beginnenden Abscheidung von Bilirubin verdunsten liess und sie dann durch Zusatz von Weingeist fällte. Auf diese Weise wurde das Bilirubin als amorphes orangefarbenes Pulver erhalten; ein ziemlich bedeutender Verlust war dabei nicht zu vermeiden.

Der erhaltene Farbstoff verbrannte auf Platinblech ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Nach mehrtägigem Stehen über Schwefelsäure verlor er bei 100° nahezu 1 Proc. an Gewicht. Bei weiterem Erhitzen auf 120—130° blieb das Gewicht constant. Beim Erhitzen im Glasrohr schmolz das Bilirubin, es blähte sich auf und entwickelte gelbe übelriechende Dämpfe, welche Bleipapier schwärzten. Dagegen wurde beim Verbrennen von 0,176 Grm. Substanz mit Kalk und Salpeter, Auflösen der geglühten Masse in verdünnter Salzsäure und Zusatz von Chlorbarium keine Trübung wahrgenommen. — Die durch Bleipapier angezeigte Spur von Schwefel war auch in allen übrigen Pigmenten der Gallensteine nachzuweisen.

Das zu den folgenden Analysen benutzte Bilirubin war bei zwei Darstellungen erhalten worden.

I. 0,3765 Grm., bei 120° getrocknet, gaben 0,927 Grm. Kohlensäure und 0,2125 Grm. Wasser.

0,2563 Grm., bei derselben Temperatur getrocknet, lieferten bei der Verbrennung mit Natronkalk eine Quantität Salmiak, aus welcher mit salpetersaurem Silber 0,252 Grm. Chlorsilber gefällt wurden.

II. 0,3105 Grm., bei 130° getrocknet, gaben 0,764 Grm. Kohlensäure und 0,171 Grm. Wasser.

Aus diesen Daten berechnet sich für das Bilirubin die Formel C_{32} H_{18} N_2 O_6.

			berechnet.		I.	II.
32	Aeq.	Kohlenstoff	192	67,13	67,15	67,11
18	„	Wasserstoff	18	6,29	6,27	6,12
2	„	Stickstoff	28	9,79	9,59	
6	„	Sauerstoff	48	16,79	16,99	
			286	100,00	100,00	

Ich habe schon angeführt, dass die Farbe des Bilirubins verschieden ausfallen kann. Im amorphen Zustande ist es orangefarben, etwa wie Schwefelantimon, in krystallinischer Form hat es die lebhaft dunkelrothe Farbe der Chromsäure. Gut ausgebildete oder gar messbare Krystalle habe ich aus der reinen Chloroformlösung niemals erhalten. Bessere Krystalle erhält man direct aus der Galle; die krystallinische Ausscheidung wird in diesem Falle durch das gleichzeitige Vorkommen von Fett und Cholestrin in der Lösung vermittelt.

In Wasser ist das Bilirubin ganz unlöslich, spurweise löst es sich in Aether und wenig mehr in Weingeist. Die heiss bereitete weingeistige Lösung ist rein goldgelb, beim Abkühlen wird sie heller und bei der Filtration bleibt die grösste Menge des Farbstoffes an der Papierfaser haften, so dass das Filtrat nur noch einen Stich in's Gelbe zeigt.

Chloroform [1]) löst das Bilirubin schon in der Kälte mit rein gelber bis blass orangerother Farbe. Je krystallinischer es ist, um

---

[1]) Im Handel kommt jetzt ziemlich häufig ein in beständiger Zersetzung begriffenes Chloroform vor. Frisch über etwas Alkali rectificirt, hat es den Geruch des reinen Chloroforms, es wird aber rasch sauer und nimmt den erstickenden Geruch des Phosgengases an. Ein solches in Zersetzung begriffenes Chloroform löst das Bilirubin mit grüner Farbe, ebenfalls werden die gelben Chloroformlösungen dadurch grün gefärbt.

Da weniger als 1 Milligr. Bilirubin zu dieser Reaction ausreichend ist, und dieselbe schon dann eintritt, wenn die Zersetzung des Chloroforms eben beginnt und der Geruch des Phosgengases noch nicht deutlich wahrzunehmen ist, so halte

so schwerer erfolgt die Lösung; es ist dann anhaltendes Kochen nöthig. Die bei Siedhitze völlig gesättigte Lösung ist dunkel bräunlichroth.

Schwefelkohlenstoff und Benzol sind ebenfalls gute Lösungsmittel für das Bilirubin. Terpentinöl und fette Oele (Mandelöl) lösen es in der Wärme mit gelber Farbe.

In alkalischen Flüssigkeiten löst sich das Bilirubin mit tief orangerother Farbe und bei starker Verdünnung werden die Lösungen gelb. Eine 15 Millim. dicke Schicht der alkalischen Lösung ist bei 15000facher Verdünnung noch deutlich orangefarbig, bei 20000facher Verdünnung tief goldgelb, bei 25000 bis 100,000facher Verdünnung rein gelb, wie Lösungen von neutralem chromsaurem Kali. Gelbliche Färbung ist in 15 Millim. dicker Schicht noch bei 500,000facher und in einer zweizölligen Schicht bei 1,000,000facher Verdünnung wahrzunehmen. — 30 bis 40000fach verdünnte Lösungen färben die Haut noch deutlich gelb. — Bei so ausserordentlichem Farbvermögen ist das mitunter so rasche Eintreten von Gelbsucht, die gelbe Färbung des Auges und der Haut, leicht erklärlich. Aus der Farbe des Auges bei intensivem Icterus darf man auf etwa 20—25000fache Verdünnung des Pigmentes schliessen.

Die mitgetheilten Bestimmungen der Farbenintensität wurden mit ammoniakalischen Bilirubinlösungen gemacht; solche Lösungen bleichen, wenn auch nicht vollständig, ziemlich rasch im directen Sonnenlicht, während sie sich im zerstreuten Licht nur langsam zersetzen. Sie werden allmälig hellbräunlich gelb und verlieren die Eigenschaft durch Salzsäure gefällt zu werden, während sich aus der unzersetzten Lösung, auch bei grosser Verdünnung, auf Zusatz von Salzsäure sogleich Bilirubin in orangefarbigen Flocken abscheidet.

---

ich das Bilirubin für ein ausgezeichnetes Reagens, um Chloroform auf seine medicinische Anwendbarkeit zu prüfen. Bei gutem, aus Weingeist dargestelltem Chloroform habe ich die angeführte Zersetzung und die angeführte Reaction mit dem Bilirubin niemals beobachtet.

Aehnlich wie das in Zersetzung begriffene Chloroform wirkt auch freies Chlor. Alkalische Lösungen des Bilirubins werden dadurch zwar ohne weiteren Farbenwechsel gebleicht, setzt man dagegen zu einer gelben Chloroformlösung ganz wenig Chlorwasser, so tritt prachtvolle grüne Färbung ein. Ueberschuss von Chlor wirkt auch hier bleichend.

Lösungen von Bilirubin in natronhaltigem Wasser haben dieselbe Farbe wie ammoniakalische Lösungen; überschüssiges Natron verändert die Farbe etwas, besonders bei Siedhitze, wobei eine tief greifende Zersetzung eintritt (s. Biliverdin). Auch ist die Natronverbindung des Bilirubins in Natronlauge weniger löslich als in reinem Wasser. Setzt man zu der dunkel orangefarbigen Lösung einen hinreichenden Ueberschuss von 6 procentiger Natronlauge, so scheidet sich die Verbindung in voluminösen bräunlichen Flocken ab. — In kohlensaurem Natron ist das Bilirubin weit weniger löslich als in reinem Natron.

Von Chloroform werden die Alkaliverbindungen nicht aufgelöst. Schüttelt man eine Chloroformlösung des Bilirubins mit ammoniakalischem oder mit natronhaltigem Wasser, so wird das Chloroform entfärbt, indem aller Farbstoff in die alkalische Lösung geht.

Die Verbindungen, welche das Bilirubin mit den Erden und schweren Metalloxyden eingeht, sind in Wasser unlöslich oder nur spurweise löslich.

Vermischt man eine schwach ammoniakalische Farbstofflösung mit Chlorcalcium, so scheidet sich die Kalkverbindung in voluminösen rostfarbenen Flocken ab. Im luftleeren Raum über Schwefelsäure getrocknet, ist die Verbindung prächtig dunkelgrün mit metallischem Reflex, zerrieben stellt sie ein dunkelbraunes Pulver dar von der Farbe der pigmentreichen menschlichen Gallensteine, die auch zum grössten Theil aus dieser Verbindung bestehen. Die über Schwefelsäure getrocknete Kalkverbindung verändert ihr Gewicht nicht bei 100°.

0,2549 Grm. hinterliessen beim Verbrennen, Anfeuchten der Asche mit kohlensaurem Ammoniak und Trocknen bei 130° 0,0414 Grm. kohlensauren Kalk, übereinstimmend mit der Formel:

$$C_{32}\ H_{17}\ Ca\ N_2\ O_6.$$

Die Rechnung verlangt 9,18 Proc. Kalk; gefunden wurden 9,10 Proc.

In Aether, Weingeist und Chloroform ist der Bilirubin-Kalk so gut wie unlöslich. Die beiden letzten Lösungsmittel, anhaltend mit der frisch gefällten Verbindung gekocht, färben sich nur schwach gelb.

Auf gleiche Weise wie die Kalkverbindung habe ich bei Anwendung von Chlorbarium, Bleizucker, Bleiessig und Silbersalpeter die Baryt-, Blei- und Silberverbindungen dargestellt. Die beiden ersten sind der Kalkverbindung ganz ähnlich, die Silberverbindung fällt in bräunlich violetten Flocken nieder, die ohne Reduction von Silber mit der Flüssigkeit gekocht werden können.

Concentrirte Mineralsäuren wirken zersetzend auf das Bilirubin, während es von kochender concentrirter Essigsäure nicht verändert wird und sich nur spurweise darin auflöst.

Uebergiesst man Bilirubin mit einer verdünnten Salpetersäure, welche 20 Proc. Hydrat enthält, so bemerkt man in der Kälte keine wesentliche Einwirkung, beim Erwärmen damit verwandelt es sich dagegen in dunkelviolette Harzflocken, die bei weiterer Einwirkung hellbräunlich werden und sich beim Aufkochen mit gelber Farbe lösen. Eine Säure mit 30 Proc. Hydrat bildet die Harzflocken schon in der Kälte und färbt sich röthlich; beim Erwärmen verschwinden die Flocken und die Lösung wird gelb. Wendet man reines Salpetersäurehydrat an, so löst sich das Bilirubin schon in der Kälte mit tief rother Farbe, und nach einiger Zeit oder beim Erhitzen wird die Lösung heller, behält aber selbst bei mehrtägigem Stehen eine lebhaft kirschrothe Farbe.

Vermischt man Lösungen des Bilirubins mit käuflicher concentrirter Salpetersäure, der man zweckmässig etwas rothe rauchende Säure zusetzt, so erhält man die bekannte Gallenpigmentreaction in ausgezeichnetem Grade. Am besten wendet man alkalische Lösungen an und vermischt dieselben vor dem Säurezusatz mit ungefähr dem gleichen Volumen Weingeist. Bei Weingeistzusatz erhält man eine prachtvolle Reaction auch dann, wenn die anzuwendende Säure keine Untersalpetersäure enthält und die Probe wird durch ausgeschiedene Pigmentflocken nicht getrübt. Die gelbe Farbe geht zuerst in grün über, wird dann blau, violett, rubinroth und endlich schmutzig gelb. Wird nicht geschüttelt, so zeigen sich alle diese Farben gleichzeitig schichtenweise über einander. $^1/_4$ Milligr. Bilirubin in 4 CC Lösung bringt noch ein prächtiges Farbenspiel hervor. Die Grenze der Reaction tritt erst bei 70—80000facher Verdünnung ein.

Das bei der angegebenen Reaction entstehende blaue Pigment lässt sich ohne Schwierigkeit isoliren. Vermischt man eine nicht zu verdünnte ammoniakalische Bilirubinlösung tropfenweise mit der oben angegebenen Säuremischung, und beseitigt von Zeit zu Zeit einen zu grossen Ueberschuss von Salpetersäure durch annähernde Neutralisation mit Ammoniak, so erhält man zuerst einen grünen flockigen Niederschlag, der allmälig blau wird. Nach dem Auswaschen mit Wasser kann ihm beigemengtes grünes Pigment durch Weingeist entzogen werden und es bleibt dann ein tief schwarzblaues Pulver zurück. Die Ansicht liegt nahe, dass dieses blaue Pigment in Beziehung steht zu dem Indiggehalt des Harns. Leider besass ich nicht genug Material, um Versuche in dieser Richtung anstellen zu können.

Ein prachtvolles Blau kann man auch bei Anwendung von Chloroform erhalten. Wird eine Chloroformlösung des Bilirubins mit einem oder zwei Tropfen Salpetersäure vermischt und geschüttelt, so wird die Flüssigkeit sehr dunkel, bald in's Violette übergehend und dann rubinroth werdend. — Setzt man, sobald der violette Farbenton eingetreten ist, rasch viel Weingeist hinzu, so erfolgt Mischung, die Lösung wird tief blau und verändert nur langsam ihre Farbe. — Auf gleiche Weise kann man auch ein prachtvolles Grün oder Roth erzeugen; die Farbe hängt ab von dem früheren oder späteren Weingeistzusatz.

In kalter concentrirter Schwefelsäure löst sich das Bilirubin zu einer bräunlichen Flüssigkeit, die allmälig violett-grün wird. Auf Zusatz von Wasser scheiden sich dann dunkelgrüne, fast schwarze Flocken ab, die sich mit prachtvoll violetter Farbe in Weingeist lösen. Salpetersäure giebt damit ein schönes Farbenspiel, wobei das Roth besonders schön und lebhaft ist.

Wird Bilirubin mit rauchender Salzsäure erhitzt, so wird es dunkelbraun, vielleicht durch Bildung von Bilifuscin. Die Zersetzung scheint aber bis zur Huminbildung fortschreiten zu können, indem der durch längeres Kochen entstehende braune Körper sich nicht mehr in verdünntem Ammoniak auflöst.

Reducirende Materien wirken sehr energisch auf das Bilirubin ein. Vermischt man die tiefrothbraune alkalische Lösung des Farbstoffs mit

Natriumamalgam, so nimmt die Farbe rasch ab und die Lösung wird blassgelb; auch beim Erwärmen verschwindet dieser Farbenton nicht. Ich habe den hierbei entstehenden Körper, der wahrscheinlich in demselben Verhältniss zum Bilirubin steht, wie das Indigweiss zum Indigblau, nicht näher untersuchen können. Ist das angedeutete Verhältniss richtig, so würde dieser gelbe Körper der Formel $C_{32}\ H_{20}\ N_2\ O_6$ entsprechend zusammengesetzt sein.

2. Biliverdin.

Wird eine Lösung von Bilirubin in überschüssiger Natronlauge auf flachen Tellern der Einwirkung der Luft ausgesetzt oder anhaltend mit Luft geschüttelt, so nimmt sie ziemlich rasch Sauerstoff auf und die Lösung wird grün. Hat diese Farbe ihre grösste Intensität erreicht, so entsteht auf Zusatz von Salzsäure ein lebhaft grüner Niederschlag, der in Aether und in Chloroform unlöslich ist, während er sich in Weingeist sehr leicht mit prachtvoll grüner Farbe auflöst. Etwa beigemengtes unzersetztes Bilirubin bleibt dabei in orangefarbenen Flocken zurück. Salpetersäure färbt die grüne Lösung zuerst blau, dann violett, roth und schliesslich schmutzig gelb.

Dieses grüne Pigment ist ohne allen Zweifel das von Heintz[1]) analysirte Biliverdin, wofür er die Formel $C_{16}\ H_9\ N\ O_5$ aufgestellt hat.

Nimmt man diese Formel als richtig an, so würde die Bildung des Biliverdins aus dem Bilirubin auf einfacher Oxydation beruhen:

$$\underbrace{C_{32}\ H_{18}\ N_2\ O_6}_{\text{Bilirubin.}} + 4\ O = \underbrace{2\ C_{16}\ H_9\ N\ O_5}_{\text{Biliverdin.}}$$

Aber ich habe einige Beobachtungen gemacht, welche die Richtigkeit dieser Formel bezweifeln lassen.

Natronlauge löst nämlich das Bilirubin in der Kälte ohne Veränderung auf; wird die Lösung mit Salzsäure übersättigt, so scheidet es sich in orangefarbenen Flocken wieder ab. Ebenso verhält sich eine Lösung des Bilirubins in Ammoniak und es ist dabei gleichgültig,

---

[1]) Poggendorff's Annalen. LXXXIV. 117.

ob die Lösung kalt bereitet oder zuvor gekocht worden ist. Kocht man dagegen eine Natronlösung, so beobachtet man, auch bei völligem Abschluss der Luft, eine auffallende Farbenveränderung, die rothe Lösung wird dunkelbraun bis grünbraun, und übersättigt man dann mit Salzsäure, so erhält man keinen orangefarbenen, sondern einen dunkelgrünen Niederschlag. Bei der Behandlung desselben mit Weingeist bleibt eine schmutzig gelbe Materie auf dem Filtrum zurück, während der Farbstoff, welcher sich in dem prachtvoll grünen Filtrat befindet, alle Eigenschaften des Biliverdins besitzt. Namentlich gibt es mit den Alkalien eine grüne Lösung, wodurch sich das Biliverdin am leichtesten vom Biliprasin unterscheiden lässt, das sich in den Alkalien mit brauner Farbe auflöst.

Die Bildung des Biliverdins durch einfaches Kochen der natronhaltigen Bilirubinlösung scheint gegen die Annahme der von Heintz aufgestellten Formel zu sprechen, und vergleicht man die von ihm erhaltenen analytischen Resultate mit der Formel, so zeigt sich auch keineswegs eine so genügende Uebereinstimmung, dass man dieselbe als unzweifelhaft feststehend betrachten müsste. Der gefundene Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt stimmt besser mit der Formel $C_{32}\ H_{20}\ N_2\ O_{10}$ überein, während der gefundene Wasserstoff in der Mitte zwischen beiden Formeln liegt.

	$C_{32}\ H_{20}\ N_2\ O_{10}$	gefunden:	$C_{16}\ H_9\ N\ O_5$
Kohlenstoff	60,00	60,04	60,38
Wasserstoff	6,25	5,84	5,66
Stickstoff	8,75	8,53	8,80
Sauerstoff	25,00	25,59	25,16
	100,00	100,00	100,00

Wahrscheinlich war das von Heintz analysirte Biliverdin nicht vollkommen rein, da es aus einem Farbstoffgemenge, aus dem s. g. Biliphäin durch Auflösen in kohlensaurem Natron und freiwillige Oxydation erhalten wurde. Ich bedaure daher um so mehr gegenwärtig nicht im Besitze einer genügenden Menge von reinem Bilirubin zu sein, um das Biliverdin einer neuen Analyse unterwerfen zu können.

Nimmt man die Formel $C_{32}\ H_{20}\ N_2\ O_{10}$ für diesen Körper an, so steht er in demselben Verhältniss zum Bilirubin, wie das Biliprasin zum Bilifuscin und seine Bildung durch freiwillige Oxydation des Bilirubins ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\underbrace{C_{32}\ H_{18}\ N_2\ O_6}_{\text{Bilirubin.}} + 2\ HO + 2\ O = \underbrace{C_{32}\ H_{20}\ N_2\ O_{10}}_{\text{Biliverdin.}}$$

Ebenso ungezwungen würde sich dann auch seine Bildung durch Kochen des Bilirubins mit Natron erklären lassen. Die Zersetzung muss sich in diesem Falle nothwendig auf 2 Aeq. Bilirubin erstrecken; es muss also neben dem Biliverdin ein zweiter Körper entstehen, wahrscheinlich derselbe, der sich auch bei der Einwirkung von Natriumamalgam auf Bilirubin bildet. Die Zersetzungsgleichung würde folgende sein:

$$2\ \underbrace{C_{32}\ H_{18}\ N_2\ O_6}_{\text{Bilirubin.}} + 4\ HO = C_{32}\ H_{20}\ N_2\ O_6 + \underbrace{C_{32}\ H_{20}\ N_2\ O_{10}}_{\text{Biliverdin.}}$$

Ein anderer Grund, der für die aufgestellte Formel des Biliverdins zu sprechen scheint, ist der, dass es sich in alkalischer Lösung allmälig noch weiter verändert. Die grüne Farbe der Lösung geht in ein tiefes Braun über, und Salzsäure fällt dann einen dunkelgrünen Niederschlag, der sich in Weingeist mit grüner Farbe löst, durch Zusatz von Alkali aber wieder braun wird, und mit Salpetersäure ein schönes Farbenspiel zeigt, wobei indess der beim Bilirubin und Biliverdin so ausgezeichnete blaue Farbenton bedeutend zurücktritt. Dieses sind die Eigenschaften des Biliprasins, dessen Bildung aus dem Biliverdin sich bei Annahme der obigen Formel durch blosse Wasseraufnahme erklären lässt.

$$\underbrace{C_{32}\ H_{20}\ N_2\ O_{10}}_{\text{Biliverdin.}} + 2\ HO = \underbrace{C_{32}\ H_{22}\ N_2\ O_{12}}_{\text{Biliprasin.}}$$

Ich bemerke noch, dass ich das Biliverdin nicht fertig gebildet in den Gallensteinen angetroffen habe. Kommt es überhaupt darin vor, so kann es nur spurweise darin vorhanden sein. Wahrscheinlich verwandelt es sich in der alkalischen Galle durch Wasseraufnahme in Biliprasin.

3. Bilifuscin.

Um diesen braunen Farbstoff aus der früher erwähnten weingeistigen Lösung zu erhalten, wurde dieselbe zur Trockne verdunstet und der schwarzbraune krystallinische, bei mässiger Erhitzung schmelzende Rückstand mit absolutem Aether behandelt. Die krystallinische Beschaffenheit und Schmelzbarkeit rührte von Palmitinsäure und ähnlichen fetten Säuren her, die gleichzeitig mit einem Theil des braunen Pigmentes in die ätherische Lösung gingen. Eine genügende Trennung dieser Körper gelang nicht; das in Aether gelöste braune Pigment ging daher verloren. Die fetten Säuren waren offenbar ursprünglich als Kalkverbindungen in den Gallensteinen enthalten, wären sie frei gewesen, so hätten sie bei der ersten Behandlung der rohen Gallensteine mit Aether gleichzeitig mit dem Cholesterin in Lösung gehen müssen.

Das durch Aether von fetten Säuren befreite Bilifuscin war jetzt in Chloroform nicht merklich löslich; die frühere Löslichkeit war durch die fetten Säuren vermittelt worden, ebenso wie die Löslichkeit in Aether. Zur Reinigung wurde es einige Male mit Chloroform ausgezogen, um Spuren von Bilirubin zu entfernen, dann in wenig absolutem Weingeist gelöst und das Filtrat zur Trockne verdunstet.

So dargestellt bildet das Bilifuscin eine fast schwarze glänzende spröde Masse, die beim Zerreiben ein dunkelbraunes, etwas in's Olivenfarbene ziehendes Pulver gibt. Es ist frei von Aschenbestandtheilen, verhält sich beim Erhitzen ebenso wie das Bilirubin und gibt mit Salpetersäure eine ebenso schöne Pigmentreaction.

0,2655 Grm. der bei 120° getrockneten Substanz gaben bei der Verbrennung 0,614 Grm. Kohlensäure und 0,1575 Grm. Wasser; übereinstimmend mit der Formel: $C_{32}\ H_{20}\ N_2\ O_8$.

			berechnet.		gefunden.
32	Aeq.	Kohlenstoff	192	63,16	63,07
20	„	Wasserstoff	20	6,58	6,59
2	„	Stickstoff	28	9,21	
8	„	Sauerstoff	64	21,05	
			304	100,00	

Der Analyse zufolge steht das Bilifuscin in sehr einfacher Beziehung zum Bilirubin; es unterscheidet sich davon in der Zusammensetzung nur durch die Elemente von 2 Aeq. Wasser, welche es mehr enthält:

$$\underbrace{C_{32}\,H_{18}\,N_2\,O_6}_{\text{Bilirubin.}} \qquad \underbrace{C_{32}\,H_{20}\,N_2\,O_8}_{\text{Bilifuscin.}}$$

Das Bilifuscin ist von allen Pigmenten in kleinster Menge in den Gallensteinen enthalten; ich erhielt davon nicht mehr, als zur Annalyse und zur Feststellung der wichtigsten Eigenschaften nothwendig war.

Das reine Bilifuscin ist in Wasser, Aether und Chloroform nicht oder doch nur spurweise löslich, während es sich in Weingeist sehr leicht mit tiefbrauner Farbe auflöst. Bei starker Verdünnung zeigt die Lösung die Farbe des stark pigmentirten icterischen Harns; auf Zusatz von etwas Salzsäure verändert sich die Farbe nicht, durch Alkalien wird sie lebhafter, mehr röthlichbraun.

In ammoniakalischem und in natronhaltigem Wasser ist das Bilifuscin sehr leicht mit tiefbrauner Farbe löslich. Salzsäure scheidet es aus diesen Lösungen in braunen Flocken wieder ab.

Vermischt man die ammoniakalische Lösung mit Chlorcalcium, so fällt die Kalkverbindung in dunkelbraunen Flocken nieder, viel weniger voluminös wie die Kalkverbindung des Bilirubins.

Setzt man eine Natronlösung der Einwirkung der Luft aus, so tritt Zersetzung ein, ohne dass dabei eine wesentliche Veränderung der Farbe zu bemerken wäre. Wahrscheinlich wird dabei zunächst Biliprasin gebildet, schliesslich beobachtet man aber nur noch das Vorhandensein von huminähnlichen Stoffen.

4. Biliprasin.

Die Gewinnung des Biliprasins ist früher angegeben worden. Um es aus der weingeistigen Lösung, die gleichzeitig eine sehr kleine Menge Bilirubin enthält, rein darzustellen, wird der gepulverte Verdampfungsrückstand zunächst mit Aether und Chloroform behandelt, dann in ganz wenig kaltem Weingeist gelöst, und die filtrirte tief grüne Lösung zur Trockne verdunstet. Das reine Biliprasin bleibt

dabei als glänzende, fast schwarze, spröde Kruste zurück, ganz ähnlich dem Gallenbraun; im gepulverten Zustande hat es eine grünlichschwarze Farbe. Es schmilzt beim Erhitzen, bläht sich auf und entwickelt eigenthümlich riechende Dämpfe, die nur wenig gefärbt sind. Beim Verbrennen hinterliess es 0,6 Proc. ungeschmolzene Asche von schwach alkalischer Reaction, aber nicht mit Säuren brausend. — Bei den folgenden Angaben wurde der Aschegehalt in Abzug gebracht.

0,301 Grm. des bei 100° getrockneten Farbstoffes gaben bei der Verbrennung 0,627 Grm. Kohlensäure und 0,1765 Grm. Wasser.

Der Stickstoff wurde auf gleiche Weise bestimmt, wie beim Bilirubin. 0,096 Grm. gaben 0,073 Grm. Chlorsilber.

Diese Verhältnisse führen zu der Formel:

$$C_{32}\,H_{22}\,N_2\,O_{12}.$$

		berechnet.		gefunden.
32 Aeq.	Kohlenstoff	192	56,81	56,81
22 „	Wasserstoff	22	6,51	6,52
2 „	Stickstoff	28	8,28	7,42
12 „	Sauerstoff	96	28,40	29,25
		338	100,00	100,00

Die Abweichung im Stickstoffgehalt ist nicht auffallend, wenn man berücksichtigt, dass zu dem Versuch nur eine sehr kleine Menge des Farbstoffes zu Gebote stand.

Das Biliprasin kommt in den Gallensteinen in kaum grösserer Menge vor wie das Bilifuscin. In Wasser, Aether und Chloroform ist es unlöslich, während es sich in Weingeist sehr leicht mit rein grüner Farbe auflöst. Die Farbe der Lösung ist wesentlich verschieden von der des Biliverdins, dieses löst sich mit einer mehr blaugrünen Farbe. Auch sind beide Farbstoffe in weingeistiger Lösung leicht dadurch zu unterscheiden, dass die Biliprasinlösung auf Zusatz von Ammoniak braun wird, was beim Biliverdin nicht der Fall ist. Bleibt das Biliprasin einige Zeit an der Luft liegen, so zieht es etwas Ammoniak an und löst sich dann mit brauner Farbe in Weingeist. Man könnte diese Lösung mit einer Bilifuscinlösung verwechseln;

aber die letzte verändert ihre Farbe nicht auf Zusatz von Salzsäure, während die braune Biliprasinlösung durch Salzsäure schön grün wird.

Vermischt man die weingeistige Biliprasinlösung auf bekannte Weise mit Salpetersäure, so erhält man eine sehr schöne Pigmentreaction, nur das Blau ist sehr zurücktretend oder undeutlich.

In den reinen Alkalien ist das Biliprasin leicht löslich, viel weniger in kohlensaurem Natron. Die stark verdünnten Lösungen haben dieselbe Farbe wie stark pigmentirter brauner icterischer Harn. Vermischt man die Lösung mit einer Säure, so tritt natürlich durch Entziehung des Alkalis wieder die grüne Farbe auf. Da der braune icterische Harn bei freiwilliger Säurung, so wie auf Zusatz irgend einer Säure dieselbe Farbenveränderung zeigt, so muss man schliessen, dass darin das Biliprasin in vorwiegender Menge vorhanden ist.

Wird die Natronlösung des Biliprasins längere Zeit der Einwirkung der Luft ausgesetzt, so geht es allmälig in Bilihumin über.

5. Bilihumin.

Es findet sich in ansehnlicher Menge in den Gallensteinen und bleibt zurück, wenn man dieselben nach einander mit Aether, Wasser, verdünnten Säuren, Chloroform und Weingeist behandelt. Um es vollständig von den besprochenen Pigmenten zu befreien, wurde es einige Male mit ammoniakalischem Wasser ausgezogen, worauf es als schwarzbraune pulverförmige Substanz zurückblieb. So dargestellt eignete sich das Bilihumin aber nicht für die Analyse, da es noch Epithel, Gallenblasenschleim und ähnliche Stoffe, welche den Kern der Gallensteine zu bilden pflegen, beigemengt enthalten musste.

Ich habe die Reinigung dadurch zu bewerkstelligen gesucht, dass ich es in noch feuchtem Zustande wiederholt und sehr anhaltend bei einer Temperatur von 50—60° mit ziemlich concentrirter Ammoniakflüssigkeit digerirte. Die Auszüge hatten eine tief braune Farbe, und obwohl das Lösungsvermögen des Ammoniaks allmälig bedeutend abnahm, so zeigte sich doch auch der sechste Auszug noch ziemlich

dunkel gefärbt. Der Rückstand war nun dunkelbraun und lieferte getrocknet und zerrieben ein rein schwarzes Pulver, das von Ammoniak und selbst von Natron nur wenig angegriffen wurde.

Die ammoniakalischen Auszüge wurden filtrirt und mit Salzsäure gefällt. Der voluminöse Niederschlag hatte eine schmutzig dunkelgrüne Farbe. Er wurde nach dem vollständigen Auswaschen wiederholt mit Weingeist gekocht, wodurch er zu einem schwarzen Pulver zusammenfiel, das nach dem Trocknen einen schwachen Stich in's Olivenfarbene zeigte. — Der siedende Weingeist hatte einen grünen Farbstoff nebst etwas von der huminartigen Materie aufgelöst. Beim Verdunsten der Lösung und Behandeln des Rückstandes mit kaltem Weingeist wurde ein braungrüner Körper aufgenommen, während Humin zurückblieb, das jetzt auch in siedendem Weingeist unlöslich war, und von dem früher erhaltenen nicht verschieden zu sein schien.

Das auf die angegebene Weise gereinigte Bilihumin war nicht ganz frei von unorganischen Bestandtheilen; es hinterliess beim Verbrennen auf Platinblech etwas leichte weisse Asche. Eine Elementaranalyse habe ich nicht gemacht, da ich nicht die Ueberzeugung gewinnen konnte, dass der Körper genügend rein sei, und da zu weiteren Reinigungsversuchen das vorhandene Material nicht ausreichend war. Ich bemerke nur, dass das gereinigte Bilihumin in Ammoniak nicht vollständig oder doch sehr langsam löslich ist, dass es sich dagegen in verdünnter Natronlauge beim Erwärmen ziemlich leicht löst, und dass die tiefbraune Lösung, wenn sie mit Weingeist und dann mit NO_4 haltiger Salpetersäure vermischt wird, einen ganz hübschen Farbenwechsel zeigt. Namentlich ist das Roth sehr rein und intensiv, während die vorher auftretenden Farben in der tiefbraunen Lösung nicht deutlich zu erkennen sind.

Das Bilihumin nimmt unser Interesse hauptsächlich deshalb in Anspruch, weil es als schliessliches Zersetzungsproduct der sämmtlichen Gallenfarbstoffe auftritt, wenn dieselben in natronhaltiger Lösung der Einwirkung der Luft ausgesetzt werden. Die einfache Relation, in welcher diese Stoffe zu einander stehen, ergibt sich aus folgendem Schema:

$$\underbrace{C_{32}\,H_{18}\,N_2\,O_6}_{\text{Bilirubin.}} + 2\,HO = \underbrace{C_{32}\,H_{20}\,N_2\,O_8}_{\text{Bilifuscin.}}$$

$$(+\,2HO + 2\,O =) \qquad (+\,2HO + 2\,O =)$$

$$\underbrace{C_{22}\,H_{20}\,N_2\,O_{10}}_{\text{Biliverdin.}} + 2\,HO = \underbrace{C_{32}\,H_{22}\,N_2\,O_{12}}_{\text{Biliprasin.}}$$

$$\underbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}_{\text{Bilihumin.}}$$

Ohne Zweifel steht die Formel des Bilihumins in einem ähnlichen Verhältniss zu der des Biliprasins, wie die Formeln der analysirten Körper unter einander. Für wahrscheinlich halte ich es auch, dass die im lebenden Organismus vorkommenden dunkelen unlöslichen Pigmentsubstanzen, das s. g. Melanin, sich dem Bilihumin anschliessen und vielleicht gleichen Ursprungs sind.

Die menschliche Galle.

Es bedarf keiner chemischen Beweisführung, um die Annahme zu rechtfertigen, dass in der menschlichen Galle dieselben Farbstoffe vorkommen, wie in den Concrementen, welche sich darin bilden. Die Versuche, welche ich mit menschlicher Galle angestellt habe, hatten daher einen anderen Zweck. Wie bereits erwähnt, ist die krystallinische Form des Bilirubins um so mangelhafter, je reiner die Lösungen sind, aus welchen es anschiesst, während unreine Chloroformlösungen ganz gewöhnlich krystallinisches Bilirubin liefern. Die krystallinische Ausscheidung scheint bedingt zu sein oder doch sehr befördert zu werden durch die Gegenwart gewisser fremder Stoffe, ebenso wie zur krystallinischen Ausscheidung des Teichmann'schen Hämins aus essigsaurer Lösung die Gegenwart irgend welcher Chlormetalle erforderlich ist. Ich wählte daher die Galle, um das Bilirubin in messbarer Form darzustellen. War der darin vorkommende rothe Farbstoff wirklich identisch mit dem Hämatoidin, wie Valentiner annimmt, so musste er sich bei richtig gewählter Behandlung auch in der so regelmässig auftretenden Hämatoidinform gewinnen lassen.

Schüttelt man Galle mit Chloroform, so beobachtet man, wie schon Valentiner gefunden hat, beim langsamen Verdunsten der

Lösung die Bildung von orangefarbigen elliptischen Blättchen oder sehr kleiner, fast rechtwinkliger Tafeln, deren Winkelverhältnisse sehr wesentlich verschieden sind von denen des Hämatoidins. Bei wiederholten Versuchen war das Resultat immer nahezu dasselbe; immer wurden jene rhomboidischen Gestalten mit geringem Unterschiede der Seiten und Winkel wahrgenommen, bei denen die Diagonalen des Rhomboides durch abweichende Färbung markirt waren. Nur ausnahmsweise wurde mitunter einmal eine vereinzelte Form beobachtet, die sich der gewöhnlichen Hämatoidinform näherte.

Nachdem ich gefunden hatte, dass das Bilirubin nicht nur in Chloroform, sondern auch in Benzol und in Schwefelkohlenstoff löslich ist, habe ich auch mit diesen Lösungsmitteln Versuche angestellt. Völlige Reinheit des Benzols ist dabei überflüssig; ich habe den Theil des käuflichen Benzols benutzt, welcher unter 100° siedet. Auch der anzuwendende Schwefelkohlenstoff muss rectificirt werden, da der im Handel vorkommende häufig Schwefel aufgelöst enthält, der sich beim Verdunsten in Krystallen absetzt. — Die folgenden Versuche, da sie mit derselben Galle angestellt wurden, lassen am besten das Verhalten der Lösungsmittel beurtheilen.

Zwei menschliche Gallen wurden zur Trockne verdampft, gepulvert und das Pulver in drei Flaschen vertheilt. Die eine Portion wurde mit Chloroform, die andere mit Benzol, die dritte mit Schwefelkohlenstoff übergossen und geschüttelt, wodurch gelbe Lösungen erhalten wurden, von denen die Schwefelkohlenstofflösung am wenigsten lebhaft gefärbt war. Zu jeder Probe wurden nun 20 Tropfen einer 25procentigen Salzsäure gesetzt, anhaltend damit geschüttelt und nach 12stündigem Stehen filtrirt. Um das Durchfliessen von Säure zu verhindern, wurden die Filtra zuvor mit den betreffenden Lösungsmitteln befeuchtet.

Die Chloroformlösung hatte eine intensiv grüne Farbe und hinterliess beim freiwilligen Verdunsten einen mehr violetten klebenden Rückstand. Bei der Behandlung mit Aether wurden Cholesterin und Fett ausgezogen, Weingeist nahm neben anderen Substanzen den grünen Farbstoff auf, der nach seinem Verhalten gegen Alkalien

Biliverdin [1]) zu sein schien, und als Rückstand wurde Bilirubin erhalten, aber nicht in guten Krystallen, sondern in orangefarbigen krystallinischen Körnern und Flocken, die mit den beschriebenen rhomboidischen Formen gemengt waren.

Die Schwefelkohlenstofflösung hatte eine rein goldgelbe Farbe. Beim freiwilligen Verdunsten hinterliess sie eine röthliche krystallinische Masse, aus der Aether und Weingeist Cholesterin, Fett und vielleicht auch etwas Gallensäure aufnahmen, während das Bilirubin in tiefrothen mikroskopischen Krystallen zurückblieb. Die Krystalle erschienen als klinorhombische Prismen mit der Basisfläche, woran der vordere Winkel sehr scharf und die Prismenflächen convex gebogen waren, so dass die Ansicht auf die Basisfläche Ellipsen zeigte. Auf den convexen Flächen aufliegende Krystalle zeigten rhomboidische Gestalten mit bedeutend grösserem Unterschiede der Seiten und Winkel als bei den aus Chloroform angeschossenen Krystallen. Die Diagonalen waren auf gleiche Weise markirt [2]). — Die Winkelverhältnisse dieser

---

[1]) Die Löslichkeit desselben in Chloroform scheint in diesem Falle durch gleichzeitig vorhandenes Fett bedingt worden zu sein.

[2]) Von gleicher Form und ebenso schön erhält man das Bilirubin, wenn man nicht abgedampfte Galle mit Schwefelkohlenstoff und etwas Salzsäure (15—30 Tropfen auf eine menschliche Galle) anhaltend schüttelt. Die bräunlichgelbe Farbe der Galle geht dabei allmälig in Grün über, auch wenn das Gefäss sorgfältig verschlossen wird, und es bilden sich drei Schichten, von denen die untere goldgelb bis tief orangeroth gefärbt ist. Diese Schicht, die sich leicht mit einer Pipette fortnehmen lässt, ist eine Auflösung von Bilirubin, Cholesterin und etwas Fett in Schwefelkohlenstoff und lässt beim Verdunsten und Behandeln des Rückstandes mit Aether krystallinisches Bilirubin zurück.

Ueber der Schwefelkohlenstoffschicht lagern sich die Gallensäuren, gemengt mit grünem Pigment, in Form einer dunkelgrünen gelatinösen Masse ab, und darüber findet man eine wässerige Schicht, die gewöhnlich blassviolett gefärbt ist aber nur wenig organische Materie enthält.

Trennt man die wässerige Schicht von den abgeschiedenen Gallensäuren durch Filtration, so geht zuletzt noch etwas Schwefelkohlenstoff, der von der gelatinösen Masse eingeschlossen war, durch's Filtrum, und diese Tropfen erstarren dann im Trichterrohr wahrscheinlich durch Oxydation des darin vorhandenen Bilirubins zu einer lebhaft pfirsigblüthrothen Masse. Gelangt dies Oxydationsproduct in die abfiltrirte wässerige Flüssigkeit, so färbt sich dieselbe prachtvoll rubinroth.

Die auf dem Filtrum zurückbleibenden Gallensäuren lassen sich vom beigemengten grünen Farbstoffe am besten durch Behandeln mit Kalk trennen. Man versetzt sie

Krystalle zeigten Aehnlichkeit mit denen des Hämatoidins; genaue Messungen und Vergleichungen waren aber wegen der Convexität der Flächen und wegen der Kleinheit der mir zu Gebote stehenden Hämatoidinkrystalle leider nicht möglich.

Die Benzollösung hatte dieselbe Farbe wie die Schwefelkohlenstofflösung und hinterliess beim Verdunsten in einem schwach geheizten Wasserbade einen ganz ähnlichen Rückstand, bei dessen Behandlung mit Weingeist und Aether das Bilirubin zurückblieb. Die Formen waren dieselben wie die, welche ich aus der Schwefelkohlenstofflösung erhalten hatte, zum Theil aber weit grösser und dann unregelmässiger, indem die Krystalle reihenförmig nach der längeren Diagonale verwachsen waren und dadurch gezähnte Ränder erhielten.

Wenn nun auch das aus Benzol und Schwefelkohlenstoff anschiessende Bilirubin eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Hämatoidin zeigt, so scheint mir doch gegenwärtig kein genügender Grund vorzuliegen, um beide Körper für identisch zu erklären.

Zunächst sind beim Hämatoidin noch niemals convexe Flächen beobachtet worden, während dieselben beim Bilirubin so hervortretend sind, dass man dasselbe bei flüchtiger Betrachtung leicht für Harnsäure halten könnte. Das Hauptgewicht muss aber auf das Resultat der Analyse gelegt werden, und da ergibt sich, wie die folgende Zusammenstellung zeigt, eine so grosse Abweichung in der Zusammensetzung, dass man die Differenz unmöglich auf Rechnung geringer Verunreinigungen [1]) oder der unvermeidlichen Analysenfehler setzen kann.

---

mit Kalkmilch bis zur stark alkalischen Reaction, schüttelt anhaltend und leitet dann Kohlensäure hinein, um nicht gebundenen Kalk in Carbonat zu verwandeln. Darauf wird zur Trockne verdampft und aus dem Rückstande das gallensaure Salz mit Weingeist ausgezogen. Die zurückbleibende Farbstoffverbindung ist grün und liefert beim Schütteln mit schwefelsäurehaltigem Weingeist eine tief grüne Lösung, welche hauptsächlich Biliverdin enthält.

[1]) Bei einem nicht genügend gereinigten Bilirubin fand ich folgende procentische Zusammensetzung: 66,52 Kohlenstoff, 6 Wasserstoff, 8,7 Stickstoff und 18,78 Sauerstoff.

Digitized by Google

	Bilirubin.		Hämatoidin.	
Kohlenstoff	67,15	67,11	65,85	65,05
Wasserstoff	6,27	6,12	6,47	6,37
Stickstoff	9,59		10,51	
Sauerstoff	16,99		17,17	
	100,00		100,00	

Robin [1]) hat aus jenen Analysen die Formel C_{14} H_9 NO_3 für das Hämatoidin berechnet, doch habe ich schon vor Jahren darauf aufmerksam gemacht [2]), dass diese Formel nicht mit Robin's Analysen übereinstimmt, und dass man bei richtiger Berechnung zu der Formel C_{30} H_{18} N_2 O_6 gelangt; nur der Wasserstoff ist in diesem Falle um $^1/_{10}$ und $^2/_{10}$ Proc. geringer gefunden, als der Formel entspricht. — Dass Bilirubin und Hämatoidin nahe verwandte Körper sind ergiebt sich schon aus der grossen Aehnlichkeit der Formeln. Enthielte das Hämatoidin 2 Aeq. Wasserstoff weniger, hätte es also die Formel C_{30} H_{16} N_2 O_6, so würde es mit dem Bilirubin, C_{32} H_{18} N_2 O_6, in eine homologe Reihe gehören, und damit wären die mehrfachen Aehnlichkeiten in den Eigenschaften genügend erklärt. Doch darüber kann nur durch neue Analysen entschieden werden.

Schlussbemerkungen.

Ausser den beschriebenen Gallenpigmenten kommen noch andere vor, welche die Eigenschaft haben, mit Salpetersäure ein prächtiges Farbenspiel zu geben.

Es gehört hierher zunächst der grüne Farbstoff, dessen Bildung S. 400, Anmerk. angegeben worden ist. Kommt schlechtes Chloroform mit Bilirubin in Berührung, so bildet sich dieser Farbstoff sogleich in ansehnlicher Menge. Er hat mit dem Biliverdin und dem Biliprasin die Eigenschaft gemein, dass er in Aether unlöslich, in Weingeist mit prachtvoll grüner Farbe löslich ist. Von beiden Farbstoffen unterscheidet er sich durch sein Verhalten gegen reines Chloroform. Er

---

[1]) Erdmann's Journ. LXVII. 161.

[2]) Annal. der Chem. und Pharm. CXVI. 89.

Digitized by Google

löst sich darin ohne Schwierigkeit mit schön grüner Farbe. Eine Analyse habe ich noch nicht gemacht.

Einen andern grünen Farbstoff erhielt Scherer [1]) aus icterischem Harn, indem er denselben mit Chlorbarium fällte und den Niederschlag entweder mit salzsäurehaltigem Weingeist zersetzte oder durch Kochen mit kohlensaurem Natron die Natronverbindung darstellte und diese dann mit Salzsäure fällte. Die salzsäurehaltigen Flüssigkeiten wurden darauf zur Trockne verdampft und der Farbstoff mit einer Mischung von Weingeist und Aether ausgezogen. Der so erhaltene grüne Farbstoff unterschied sich von allen vorhergehenden dadurch, dass er auch in reinem Aether löslich war. Wahrscheinlich war dieser Farbstoff ebenfalls nur ein Zersetzungsproduct, entstanden durch Einwirkung der Salzsäure auf den ursprünglichen Farbstoff; jedenfalls war er nicht rein, wie aus dem hohen Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt neben dem geringen Stickstoffgehalt hervorgeht.

Einen dritten grünen Farbstoff habe ich aus einem Gallenstein dargestellt, den ich von meinem Freunde, Prof. Merklein in Schaffhausen, erhielt. Er hatte fast die Grösse einer kleinen Wallnuss, war braun von Farbe, glänzend, ziemlich fest zusammenhängend, und sollte von einem Ochsen stammen. Die Untersuchung wurde vor mehreren Jahren ausgeführt, als das Verhalten der Gallenfarbstoffe gegen Chloroform noch nicht bekannt war. Der Stein wurde zerrieben, mit Wasser, Weingeist und Aether behandelt, dann der Rückstand bei Abschluss der Luft mit kohlensaurem Natron zersetzt und die braune Lösung in verdünnte Salzsäure filtrirt. Der grüne flockige Niederschlag bildete nach dem Auswaschen und Trocknen im luftleeren Raum ein dunkelgrünes Pulver, das sich in Alkalien mit brauner, in Weingeist mit grüner Farbe löste. Auch dieser Farbstoff war, wenn auch schwer, in Aether löslich.

Beim Verdunsten der ätherischen Lösung bedeckte sich die Schalenwand mit einem gelben Anflug, der ungelöst zurückblieb, wenn nach dem vollständigen Eintrocknen der grüne Farbstoff in Weingeist gelöst wurde. Beide Farbstoffe gaben mit Salpetersäure prachtvolle Pigment-

---

[1]) Annal. der Chem. u. Pharm. LIII. 377.

Digitized by Google

reaction. Nachdem durch wiederholte Behandlung mit Aether der gelbe Stoff möglichst entfernt war, wurde eine Analyse gemacht. Nimmt man 32 Aeq. Kohlenstoff in dem grünen Farbstoff an, so stimmt das analytische Resultat nahezu mit der Formel $C_{32}\ H_{18,5}\ N_{2,5}\ O_{10}$ überein. — Ich lege auf diese Formel übrigens nicht den geringsten Werth, denn ich habe keine genügende Sicherheit, dass der analysirte Stoff rein war. Ich theile sie nur mit, um zu zeigen, dass im Thierreich Gallenfarbstoffe vorzukommen scheinen, welche reicher an Stickstoff sind als die Pigmente der menschlichen Galle. — Gefunden wurden $10^1/_2$ Proc. Stickstoff.

Schliesslich habe ich noch einige Worte über die künstlichen Pigmente zu sagen, die man durch Zersetzung der Gallensäuren erhält und die mit Salpetersäure ebenfalls einen schönen Farbenwechsel zeigen.

Vermischt man ein gallensaures Salz mit concentrirter Schwefelsäure und erwärmt so weit, dass die Lösung eine lebhaft braunrothe Farbe annimmt, so entstehen Chromogene, die sich auf Zusatz von Wasser in harzähnlichen Flocken abscheiden. Hat man kurze Zeit erwärmt und den Luftzutritt möglichst beschränkt, so sind die durch Wasser abgeschiedenen Flocken farblos oder grünlich, lässt man die schwefelsaure Lösung etwa 24 Stunden stehen, so zeigt sie einen prachtvollen Dichroismus, bei durchfallendem Licht ist sie orangefarbig oder tief bräunlichroth, bei auffallendem rein grasgrün, und auf Zusatz von Wasser scheiden sich dann grünblaue Flocken ab.

Werden die farblosen oder schon gefärbten Chromogenflocken einige Male mit Wasser abgespült und mit Weingeist übergossen, so lösen sie sich auf, und man erhält eine farblose oder schwach grünliche Lösung, die beim Verdunsten im Wasserbade und bei genügendem Luftzutritt sich tiefer färbt und einen prachtvoll indigblauen Rückstand hinterlässt. Dies Pigment löst sich mit gallengrüner Farbe in Weingeist, durch Alkali gelb oder orangefarbig, durch Salzsäure wieder grün werdend, und NO_4haltige Salpetersäure bringt selbst bei sehr grosser Verdünnung einen lebhaften Farbenwechsel hervor. Zuerst wird die Flüssigkeit intensiv grün, dann grünblau oder grünbraun, hernach roth und endlich schmutziggelb. Je vollständiger die Umwandlung der Gallensäuren in Chromogene gelungen ist, um so

Digitized by

lebhafter und schöner werden natürlich die Farben; bei ungenügender Umwandlung tritt statt des schön rothen Farbentones gewöhnlich nur ein mehr oder weniger lebhaftes Braunroth auf, während der grüne Farbenton unter allen Umständen sehr intensiv ist.

Da durch diese Pigmentreaction ein Zusammenhang der künstlichen Pigmente mit den natürlichen Gallenpigmenten angedeutet schien, und da wir, wie schon oben (S. 397) angegeben wurde, ausserdem noch beobachteten, dass nach der Injection von gallensauren Salzen in eine Vene fast regelmässig Gallenpigment im Harn auftritt, so war es gewiss nicht übereilt, wenn wir schlossen, dass die Gallensäuren auch in der Blutbahn eine Umwandlung in Pigment erleiden könnten. Als völlig erwiesene und unumstösslich feststehende Thatsache ist diese Umwandlung übrigens niemals hingestellt worden, da uns einige, wenn auch nur wenige Fälle vorkamen, wo nach Galleninjection kein Pigment im Urin nachgewiesen werden konnte. — Es ist mir jetzt gelungen, auch die stickstofffreie Cholsäure auf gleiche Weise wie die Glycocholsäure und Taurocholsäure in Farbstoffe zu verwandeln, und da sich ungezwungen nicht annehmen lässt, dass die stickstoffhaltigen Gallenpigmente ihr Entstehen einem stickstofffreien Körper verdanken, so kann von einer Umwandlung der Gallensäuren in die wirklichen Gallenfarbstoffe nicht wohl ferner mehr die Rede sein.

Es bleibt nun noch immer die Frage unerledigt, welche Rolle die in das Blut getretene Galle bei der Erzeugung der Gallenpigmente spielt, denn die Annahme, dass die Gallensäure n u r die Blutkörperchen auflöse, und dass das gelöste Blutroth dann in Gallenfarbstoff übergehe, scheint mir doch nicht gerechtfertigt zu sein. Einmal müsste dann nach Galleninjectionen regelmässig Gallenpigment im Urin auftreten, was bekanntlich nicht der Fall ist, und ausserdem müssten Wasserinjectionen dieselbe Wirkung hervorbringen wie die Injection von Gallensäuren. Auch dieses ist nicht der Fall. R ö h r i g [1]) spritzte einem Kaninchen, dessen Blutgehalt sich zu 130 Grm. berechnete, 100 CC Wasser in die Vena jugularis und beobachtete, dass der

---

[1]) Dessen Inaugural-Dissertation: Ueber den Einfluss der Galle auf die Herzthätigkeit. Leipzig 1863.

Digitized by Google

darau gelassene Harn reich an Blutpigment war aber keinen Gallenfarbstoff enthielt.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass bei eintretendem Icterus die Herzthätigkeit sich bedeutend zu vermindern pflegt; gewöhnlich beobachtet man eine Verminderung derselben um 20—30 Contractionen, und Frerichs erwähnt sogar zweier Fälle, in welchen die Herzbewegung auf 28 und selbst auf 21 Schläge herabsank. In der citirten Abhandlung wird nun von Röhrig durch eine grosse Zahl von sorgfältig ausgeführten Versuchen nachgewiesen, dass die beobachteten Störungen einzig den Gallensäuren zuzuschreiben sind, und zwar wirken glycocholsaure, taurocholsaure und cholsaure Salze auf gleiche Weise, wenn sie in die Blutbahn gelangen. Schon verhältnissmässig kleine Mengen bewirken ein bedeutendes und anhaltendes Herabgehen des Pulses und etwas grössere Mengen haben den plötzlichen Tod durch Herzparalyse zur Folge.

Nach diesen Beobachtungen halte ich es für wahrscheinlich, dass wir in diesen enormen Kreislaufstörungen, mit denen natürlich auch grosse Störungen in der chemischen Stoffmetamorphose verbunden sein müssen, hauptsächlich den Grund der Pigmentbildung nach Einführung von Gallensäuren in das Blut zu suchen haben. Es würde sich damit auch erklären, dass die Pigmentbildung nicht constant eintritt, denn Thiere von verschiedenem Alter und Grösse, von schwacher und kräftiger Constitution, können nicht auf gleiche Weise von derselben Menge Gallensäure afficirt werden. — Demnach wäre also die Pigmentbildung nach Galleninjection nur eine secundäre Wirkung der in's Blut gebrachten Gallensäure, und ist dieses der Fall, so steht zu erwarten, dass andere Substanzen, welche ähnliche Störungen der Herzthätigkeit hervorbringen, ebenfalls zur Bildung von Gallenpigment Veranlassung geben müssen. Eine solche Substanz besitzen wir in der Digitalis, mit der ich einige Versuche angestellt habe.

Ein gesunder Hund von mittlerer Grösse wurde 8 Tage lang mit Fleisch, Brod und Milch gefüttert und der Harn wiederholt untersucht. Er war frei von Gallenpigment. Darauf erhielt der Hund täglich ein Infusum von 2 Grm. herb. digitalis. Es stellte sich häufiges Erbrechen und Durchfall ein und 48 Stunden nach der ersten

Digitized by

Gabe zeigte der Harn mit Salpetersäure eine deutliche Pigmentreaction, die noch intensiver wurde, als der Farbstoff durch partielle Fällung mit essigsaurem Blei abgeschieden und die aus dem Bleiniederschlage gewonnene Pigmentlösung mit Salpetersäure geprüft wurde. Der Hund starb nach 8 Tagen; während der ganzen Zeit war Gallenpigment im Harn nachzuweisen.

Ein zweiter Versuch wurde mit einem jungen sehr abgemagerten Hunde angestellt. Der Harn desselben gab schon vor dem Genuss von Digitalis mit Salpetersäure eine schwache Reaction, die aber nicht mehr wahrgenommen wurde, als der Hund 14 Tage lang gut gefüttert und gekräftigt war. Er erhielt nun die gleichen Gaben von Digitalis wie der erste Hund, ohne dadurch in gleicher Weise zu leiden. Durchfall und Erbrechen stellten sich in den ersten Tagen gar nicht und später nur selten ein. Nach 8 Tagen erfolgte ebenfalls der Tod. Gallenpigment war bis zum Tode nicht mit Sicherheit im Urin nachzuweisen.

Diese beiden Versuche widersprechen einander. Die angeregte Frage ist also noch nicht erledigt; sie lässt sich aber nur durch eine grössere Versuchsreihe beantworten, und ich bedaure, dass andere Arbeiten mich verhindern, diesem Gegenstande ferner die Aufmerksamkeit zu widmen, die er zu verdienen scheint.

image
not
available

Digitized by Google

Fig. 3

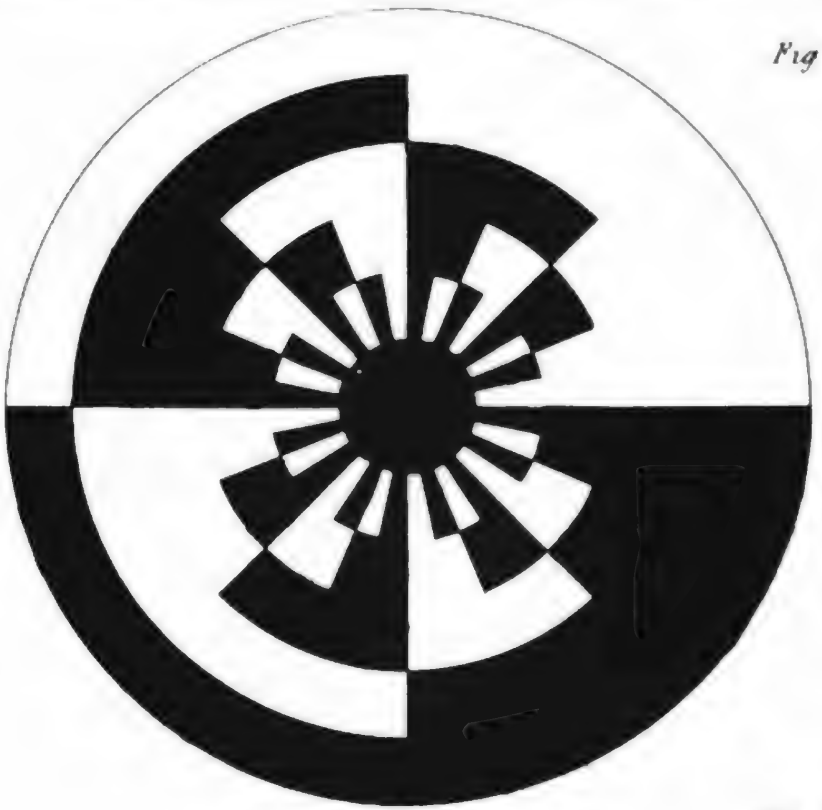
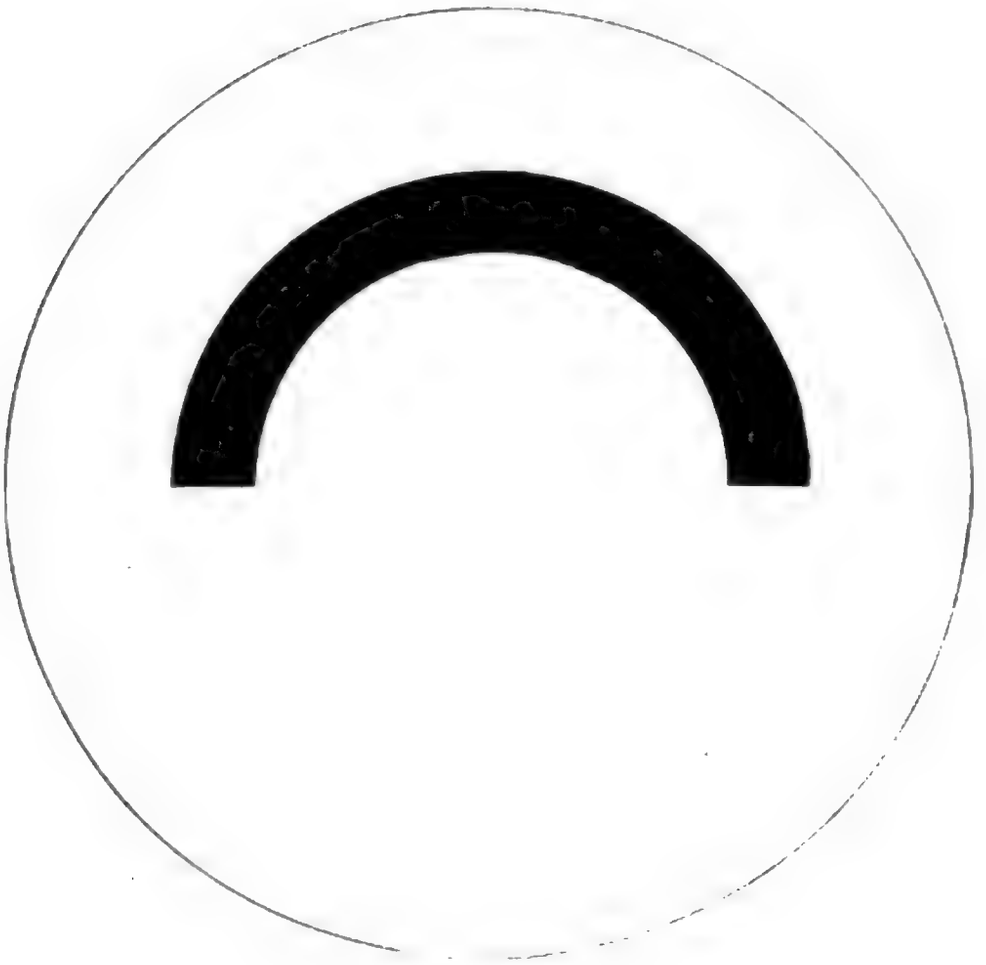


Fig 4

Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei

Fig. 5.



Digitized by Google

XXXI.

Ueber die Hemmungsmechanismen der Reflexthätigkeit.

Von

Dr. A. Herzen.

Im Jahre 1863 ist in Berlin eine Arbeit des Herrn Professor Setschenoff (Petersburg) erschienen, unter folgendem Titel: „Ueber die Hemmungsmechanismen der Reflexthätigkeit des Rückenmarkes im Gehirne des Frosches.“ Sie wird wohl dem deutschen wissenschaftlichen Publicum nicht entgangen sein; ich werde mich also hier darauf beschränken in zwei Worten ihren Inhalt zu resumiren.

Herr Setschenoff geht von der Theorie der Hemmungsnerven aus, und nimmt sich vor die Centren der Hemmungsmechanismen im Gehirne aufzufinden. Zu diesem Zwecke macht er Querschnitte durch das Gehirn in verschiedenen Höhen, und misst nun das Reflexvermögen des Rückenmarks auf die Weise, dass er die Beine des Frosches in sehr schwache Schwefelsäure eintaucht, und die Zeit die bis zur ersten Reflexbewegung verläuft, bemerkt. — Er betrachtet jeden Schnitt als starke mechanische Reizung, und bekommt auch, falls der Schnitt auf seine Hemmungscentren fällt, eine starke Depression der Reflexthätigkeit; umgekehrt nimmt die Reflexthätigkeit bedeutend zu, wenn der Schnitt hinter die Hemmungscentren fällt, — also ihren Einfluss auf das Rückenmark unterbricht.

Digitized by

Herrn Setschenoff's Resultate sind folgende:

I. Schnitt in die *thalami optici*: Depression von 5—10 Minuten.

II. Schnitt in die *corpora quadrigemina*: der gleiche Erfolg.

III. Schnitt hinter die Vierhügel: Zunahme (nach 1—2 Minuten).

IV. Schnitt hinter dem *Sinus rhomboideus*: noch schnellere Zunahme.

V. Schnitt in die Hemisphären: nur grössere Regelmässigkeit der Reflexthätigkeit.

VI. Allgemeines Resultat: Die Hemmungscentren sind in den *thalami optici*, den *corpora quadrigemina* und vielleicht auch in der *Medulla oblongata*.

Herr Setschenoff wiederholt nun seine Versuchsreihe mit chemischer Reizung (mittelst des Kochsalzes) anstatt der mechanischen und bekommt ganz die gleichen Resultate.

Für ihn sind also die Hemmungscentren über alle Zweifel als vorhanden bewiesen, und sogar ihre anatomische Lage bestimmt. — Es ist aber gegen diese Schlüsse Folgendes einzuwenden:

1) Jeder Schnitt ist nicht eine starke mechanische Reizung; letztere hängt bekanntlich mit dem Grad von Druck und Zerrung der den Schnitt begleitet, zusammen; so ist es mir gelungen alle die Setschenoff'schen Schnitte sorgfältig mit scharfen Instrumenten so zu machen, dass ich gar keine Depression bekam. Hingegen bekam ich eine sehr starke Depression, da wo sie Setschenoff nicht bekam, wenn ich die Nervencentren durch Compression mit der Pincette, anstatt eines scharfen Schnittes, trennte.

2) Ich habe mich überzeugt dass alles was Setschenoff von den Vierhügeln sagt, sich auf die darunter liegenden *pedunculi cerebri* bezieht, und dass die Vierhügel nicht den geringsten Einfluss auf Reflexthätigkeit haben.

3) Die Schwefelsäure ist ein sehr unsicheres Mittel, denn sie greift die Froschhaut sehr bald an und macht sie in kurzer

Digitized by Google

Zeit gefühllos, so dass man an eine Depression glauben kann, wo sie nicht vorhanden ist.

4) M. Schiff beschreibt in seinem Lehrbuch Versuche an Eidechsen, Nattern und Fröschen, in denen er eine bedeutende Steigerung der Reflexthätigkeit nach Quertheilung des Rückenmarks bekommen hat, sowohl in dem hinteren als auch im vorderen Theile desselben, — und Steigerung auf einer Seite nach einem in der Nähe der Mittellinie geführten Längsschnitt durch das Rückenmark. Schiff ist auch zu dem Schluss gekommen, dass die Zerstörung irgend eines beträchtlichen Theiles der Nervencentra zur Erhöhung der Reflexion in den übrigen Theilen führe.

Wie lässt sich nun Dieses mit Setschenoff's Resultaten versöhnen?

Ich habe die Setschenoff'schen Versuche nachgemacht, und zwar nicht nur im Gehirn und dem Rückenmarke, sondern auch an mehreren peripherischen Nerven, da Prof. Schiff schon vor einiger Zeit bemerkt hatte, dass auch die Reizung oder Zerstörung dieser Stämme nicht ohne Einfluss auf die Reflexion in den Centren sey. — Die ausführliche Beschreibung von 35 Versuchen wird man in meiner detaillirten Arbeit finden, (Turin, H. Loescher); hier will ich nur ein Paar Hauptversuche anführen und meine Resultate geben.

Erstes Beispiel.

Das Gehirn eines Frosches wird blossgelegt, der Frosch wird an den Vorderextremitäten aufgehängt und die Beine in die saure Lösung getaucht:

Rechtes.	Linkes.
Reflex nach 10 Secunden.	Reflex nach 13 Secunden.
30 Sec. kein Reflex.	30 Sec. kein Reflex.

Fünf Minuten später:

Reflex nach 15 Sec.	Reflex nach 14 Sec.
„ „ 13 „	„ „ 13 „

Digitized by

Die Vierhügel durch Zerreissung zerstört; gleich darauf:

Reflex nach	15 Sec.		30 kein Reflex.
„ „	20 „	Reflex nach	$8^1/_2$
	30 kein Reflex.	„ „	25
„ „	9	„ „	9
„ „	30	„ „	18

Schnitt durch den rechten Hirnschenkel:

30	kein Reflex.	30	kein Reflex.
35	„ „	40	„ „

Die Vorderextremitäten sind sehr empfindlich für mechanische Reize, bei Berührung ziehen sie sich krampfhaft zusammen. Schnitt durch den linken Hirnschenkel; gleich darauf werden die Vorderextremitäten ganz unempfindlich.

Zweites Beispiel.

Das Gehirn wird blosgelegt und die Hemisphären quer getheilt; die früher geprüfte Reflexthätigkeit ist etwas vermindert. Sehr vorsichtiger Schnitt durch die Schenkel in der Höhe der Sehhügel; unmittelbar darauf wird die Reflexion nicht nur nicht deprimirt, sondern lebhafter. Mechanische Reizung der Schnittfläche: starke und anhaltende Depression. Nach einer Viertelstunde ist wieder lebhafte Reflexion vorhanden. Nun wird das Rückenmark an der Spitze der Rautengrube mittelst der Pincette zusammendrückend getheilt: eine noch stärkere und längere Depression folgt auf diesen Eingriff, der also unterhalb des Bereiches der Setschenoff'schen Hemmungscentren liegt.

Drittes Beispiel.

Ich bemerkte, indem ich auf das Rückenmark überging, dass auch hier jede starke Reizung, gleichviel ob sie hoch oben oder an der unteren Partie desselben angebracht wurde, eine ebenso starke Depression zur Folge habe wie die der verschiedenen Theile des Gehirnes. Da aber Herr Setschenoff hätte einwenden können, dass

Digitized by Google

in diesem Falle seine Hemmungsmechanismen physiologisch gereizt worden seyen, so habe ich in den folgenden Versuchen, die auf verschiedenen Nervenstämmen fortgesetzt wurden, die Zerstörung des Gehirns vorausgehen lassen, und doch immer das gleiche Resultat bekommen.

Das Rückenmark eines Frosches wird blosgelegt, ungefähr in der Mitte seiner Länge. Es werden die Vorderextremitäten des Thieres in die Säure eingetaucht:

Nach	9	Sec.	Reflexbew.	Nach	9	Sec.	Reflexbew.
„	3	„	„	„	3	„	„
„	3	„	„	„	7	„	„

Das Rückenmark wird ohne Schonung im Niveau des *plexus ischiaticus* getheilt:

Nach	20	Sec.	kein Reflex.	Nach	20	Sec.	kein Reflex.
„	40	„	„ „	„	40	„	„ „

Viertes Beispiel.

Zerstörung des Gehirns und des Markes bis zu den Wurzeln der *N. brachiales.* Sehr starke Reflexthätigkeit in den hinteren Extremitäten. Blosslegung des *Nervus tibialis;* kein Effect. Application von Salz in Krystallen auf den Stamm des *Nervus tibialis:* vollkommene Depression des Reflexes, keine Reaction sogar auf starkes Kneipen und Drücken. Das Salzkryställchen wird weggenommen; 3 Min. darauf sind wieder lebhafte Reflexbewegungen vorhanden. Die Application und Wegnahme des Salzes wird drei Mal mit dem gleichen Erfolge wiederholt.

Fünftes Beispiel.

Was nun die andere Erscheinungsreihe betrifft, die man bei der uns beschäftigenden Frage berücksichtigen muss, nämlich die Erhöhung des Reflexes nach Wegnahme der Hemmungscentren, so habe ich sie für die Gehirncentren durch die Untersuchungen Setschenoff's als genügend bewiesen betrachtet. Hier will ich nur zwei Beispiele meiner Versuche am Rückenmark und an den Nerven anführen.

Digitized by

Vordere Extremitäten:

Nach	10	Sec.	Reflex.	Nach	10	Sec.	Reflex.
„	12	„	„	„	4	„	„
„	4	„	„	„	10	„	„
„	15	„	„	„	22	„	„
„	20	„	„	„	4	„	„
„	30	„	keine Bew.	„	11	„	„

Schnitt durch den unteren Theil des Rückenmarks:

Nach	29	Sec.	Reflex.	Nach	18	Sec.	Reflex.
„	30	„	keine Bew.	„	30	„	keine Bew.

Der Frosch muss leider verlassen werden; den Tag darauf werden seine vorderen Extremitäten abermals in dieselbe saure Lösung eingetaucht, und geben:

Nach	7	Sec.	Reflex.	Nach	3	Sec.	Reflex.
„	2	„	„	„	1½	„	„
„	2½	„	„	„	1½	„	„
„	3½	„	„	„	2½	„	„
„	5	„	„	„	4	„	„
„	7	„	„	„	5	„	„

Bei jedem Druck auf die vorderen Extremitäten sind die Reactionen enorm gegen die eines normalen Frosches; das Thier wird jedesmal beinahe tetanisch im ganzen nicht gelähmten Theile des Körpers. — Also trotz der Anwesenheit der Setschenoff'schen Hemmungscentren — eine solche Erhöhung des Reflexes nach Durchschneidung des Rückenmarkes.

Sechstes Beispiel.

Hintere Extremitäten eines normalen Frosches:

Nach	7	Sec.	Reflex.	Nach	8	Sec.	Reflex.
„	9	„	„	„	7	„	„
„	8	„	„	„	7	„	„
„	13	„	„	„	11	„	„

Digitized by Google

Durchschneidung des rechten *N. brachialis*:

Nach	3	Sec.	Reflex.	Nach	4	Sec.	Reflex.
„	1	„	„	„	2	„	„
„	2	„	„	„	3	„	„
„	3	„	„	„	4	„	„
„	2	„	„	„	4	„	„
„	2	„	„	„	5	„	„
„	3	„	„	„	5	„	„

Eine halbe Stunde später:

Nach	6	Sec.	Reflex.	Nach	6	Sec.	Reflex.
„	5	„	„	„	4	„	„
„	3	„	„	„	4	„	„
„	2	„	„	„	3	„	„

Den folgenden Tag:

Nach	8	Sec.	Reflex.	Nach	8	Sec.	Reflex.
„	4	„	„	„	4	„	„
„	5	„	„	„	5	„	„
„	4	„	„	„	4	„	„

Es hat also die Durchschneidung eines einzigen grösseren Nerven genügt, um diese Erhöhung des Reflexes hervorzubringen. Prof. Schiff hatte schon oft diese Erscheinung gelegentlich bei verschiedenen Thieren bemerkt, er hatte sich aber nicht speziell damit beschäftigt [1]).

Es sollen diese Beispiele für den Augenblick genügen und ich will nur noch in zwei Worten die Resultate formuliren — was beinahe überflüssig ist, denn sie leuchten zusehr von selbst hervor.

I. Starke Reizung irgend eines beträchtlichen Theiles des centralen oder peripherischen Nervensystems hat zur Folge eine je nach dem Grade der Reizung starke und andauernde Depression der Reflexthätigkeit.

---

[1]) Sollte es Jemand wünschen meine Versuche zu wiederholen, so würde ich ihn ersuchen es nicht zu thun, ohne meine ausführliche Arbeit durchzublättern.

Digitized by Google

II. Wegnahme oder blosse Trennung vom Uebrigen irgend einer beträchtlichen Partie des centralen oder peripherischen Nervensystems hat zur Folge eine bedeutende Erhöhung der Reflexthätigkeit in den übrigen Partieen.

III. Es existiren keine Hemmungsmechanismen, noch weniger Hemmungscentren im Gehirne.

So fällt also auch dieses mühsam erbaute Gebäude zusammen und wir hoffen, dass die Nervenphysiologie bald ohne weitere Hemmung fortschreiten können wird.

September 1864.

Florenz, *Istituto di Perfezionamento.*

Digitized by Google

XXXII.

Mittheilungen über die selbstständigen Bewegungen embryonaler Zellen.

Von

Dr. S. Stricker,

Assistenten am physiologischen Institute und Privatdocenten an der Wiener Universität [1]).

Im Jahre 1840 stellte Reichert [2]) den wichtigen Satz auf, dass die aus der Furchung des Dotters resultirenden Theilchen schon als Zellen angesehen werden müssen. Die Furchungskörperchen treiben nämlich nach Zusatz von Wasser eigenthümliche buckelartige Vorsprünge heraus, welche sich vom umgebenden Medium nur durch die Verschiedenheit des Brechungsindex unterscheiden; das waren und sind für Reichert durch Diffusion abgehobene Zellenmembranen. Die Furchungskugeln haben ausserdem einen Kern und einen Inhalt und somit im strengsten Sinne alles was man von Zellen fordern kann.

Es kann heute Niemandem einfallen, die Zellennatur der Furchungskugeln in Abrede zu stellen. Aber eben aus diesem Grunde

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

[2]) Entwickelungsleben im Wirbelth. Berlin.

Digitized by Google

muss wieder die Frage aufgenommen werden, ob denn die genannten buckelartigen Vorsprünge wirklich Zellenmembranen, und wenn nicht, wodurch jene zu begründen sind.

Wenn so junge Zellen, wie die in Rede stehenden, schon abhebbare Membranen besitzen, dann ist hier das stärkste Argument gegeben, welches sich gegen die neuen Zellentheorien aufbringen lässt; dann kehren wir vielleicht trotz aller Gegengründe zu Remak zurück, welcher angibt, dass die Dotterhaut Fortsätze in den Dotter hineinschicke und so die Furchungskugeln abgrenze.

Betrachten wir unser Object etwas aufmerksamer, so erscheint hier die Annahme einer Membran von vorneherein nicht sehr plausibel. Eine Furchungskugel von Rana in Wasser gebracht, treibt in der Regel an einem grösseren oder geringeren Theile ihres Umfanges einen structurlosen Buckel auf. Nicht selten verändert dieser seine Gestalt, schiebt seine Masse über derselben Basis nach rechts oder links, wird an der Oberfläche sattelartig eingeschnitten, ja er rückt oft ganz und gar an eine benachbarte Stelle, oder wird wieder eingezogen. Zumeist schieben sich ferner die Körnchen oder Blättchen des Dotterkörperchens in den Buckel hinein und das Resultat ist, eine Formveränderung der Zelle. Kurz darauf tritt der Buckel an einer andern Stelle auf, der ganze Vorgang wiederholt sich mit grösserer oder geringerer Abweichung von Neuem, und das Körperchen hat abermals seine Form verändert. So wiederholt sich dieses Spiel mehrere Male, bis die Zelle endlich zerfällt.

Wie soll nun, kann man fragen, eine Membran beschaffen sein, die dem Auge keine Ungleichartigkeiten bietet, durch Diffusion aber immer nur stellenweise aufgetrieben wird; worin sollen ferner die Gestaltveränderungen der ausgebuchteten Theile und ihr Zurückziehen begründet sein.

Auch die weiteren Beweise, welche Reichert zu Gunsten der Membran anführte, können einer genaueren Prüfung kaum Stand halten. Die Blättchen und Körnchen, welche die Hauptmasse der Zelle ausmachen, werden zuweilen durch einen hellen Contour, scharf abgegrenzt. Wenn dieser an einer Stelle unterbrochen wird, fliessen

Digitized by Google

die Plättchen auseinander. Aber es ist immer nur ein Contour der bekanntlich zum Nachweise einer Membran nicht hinreicht.

Es ist mir indessen nicht darum zu thun, allgemein bekannte Negationen vorzuführen, sondern die Frage mit positiven Thatsachen zu beantworten.

Die in Rede stehenden Zellen zeigen ganz ähnliche Veränderungen, auch wenn ihnen gar kein Reagens zugesetzt wird.

Ich befreie ein Ei von *Rana temporaria* von der Gallerthülle, zerreisse auf dem Objectträger rasch die Dotterhaut und bringe es nach dem Vorgange von Recklinghausen unter dem Schutze eines Cylinderglases zur mikroskopischen Beobachtung. Um das Präparat noch besonders vor Verdunstung zu schützen, passe ich auf den Cylinder ein Papierblatt an, durch welches der Tubus des Mikroskops durchgesteckt ist. Ich beobachte ferner ohne Deckglas und mit einer Linse von grosser Focaldistanz.

Wenn ich rasch genug dabei bin, finde ich zunächst, dass die Zellen sehr verschiedene Formen darbieten. Einzelne sind rundlich andere länglich oval, spindelförmig, walzenartig u. s. w. Die Zellen verändern ferner allmählig ihre Gestalt. Nicht durch abgehobene structurlose Buckel [1]), sondern in ihrer ganzen Masse. Ich sah eine spindelförmige Zelle die beiden dünnen Enden einziehen und dann sich theilen, die runden ganz spitze Fortsätze treiben und wieder einziehen; kurz von den unversehrten Zellen war kaum eine zu finden, die bei constanter Beobachtung unverändert geblieben wäre. Das dauert aber nicht lange. Die Formveränderungen der ganzen Masse hören auf, und die Zellen beginnen nun ihre structurlosen Buckel zu treiben, oder es zieht sich fast die gesammte Körnchenmasse von dem Grenzcontour zurück, die Zelle bekommt einen breiten structurlosen Rand, der nur an einer beschränkten Stelle mit der centralen Masse in Berührung steht. Endlich werden die Zellen zerstört, da die geringe Menge Flüssigkeit trotz des Schutzes bald verdunstet.

Wer mag nun daran zweifeln, dass die Formveränderungen des gesammten Zellenleibes vitale Erscheinungen sind; denn eine Zelle

---

[1]) Diese sah Ecker (Icon. phys.).

Digitized by Google

die sich theilt, lebt, und wenn sie früher ihre Fortsätze eingezogen hat, so ist dieses gewiss die Veränderung einer lebenden Zelle. Die structurlosen Buckel aber sind eben so sicher keine Diffusions- oder Quellungsergebnisse, da sie ohne Zusatz von Reagentien sichtbar werden.

Nachdem einmal diese Vorgänge sicher gestellt waren, ging ich noch einmal daran die Zellen unter Wasser zu beobachten. Es zeigten sich auch hier in der ersten oder auch nächstfolgenden Minute Formveränderungen des gesammten Zellenkörpers, und zwar nicht selten so auffallend und so lebhaft, wie sie nur lebenden Organismen zukommen können. Eine Zelle treibt einen spitzen Fortsatz. Die Spitze wird dicker, kolbig, wie der Schlägel einer Trommel, dann bisquitförmig und endlich wieder rund. Eine andere Zelle stösst einen spitzen Fortsatz zwischen ihre Nachbarn ein, wieder andere werden wetzsteinförmig. Endlich werden kleine structurlose Buckel aufgetrieben, die sich wieder einziehen, um an einer andern Stelle zu erscheinen. Ob ich also Wasser zusetzte oder nicht, veränderten die Zellen in toto wiederholt ihre Form, liessen dann erst die hellen Auftreibungen wahrnehmen und gingen endlich zu Grunde. Nur dauert bei Wasserzusatz der erste Act der sichtbaren Thätigkeit nicht so lange, sind die hellen Auftreibungen nicht über so grosse Theile der Circumferenz der Zelle ausgebreitet, und ist endlich das Spiel der letzteren viel lebhafter als ohne Zusatz von Reagentien.

Angeregt durch Max Schulze's Arbeit „*De ovorum ranarum segmentatione*“ habe ich auch der Furchung erneute Aufmerksamkeit geschenkt. Ich überzeugte mich, dass der sogenannte Faltenkranz nicht nur in der nächsten Nachbarschaft einer Furche erscheint, sondern sich zuweilen, wenn ich im directen Sonnenlichte beobachtete, über den grössten Theil eines Furchungsfeldes erstreckte, während andere Felder vollkommen glatt blieben. Es war in solchem Falle eine tiefe unregelmässige Runzelung des betreffenden Feldes. Es wäre willkürlich und ungerechtfertigt eine solche Runzelung auf Kosten einer Membran zu setzen, wenn eine solche vorhanden wäre.

Ich habe indessen die Furchung unter einem Deckglase und mit ziemlich starken Vergrösserungen beobachtet. Die Eier waren dabei nicht gedrückt und furchten sich trotz des Deckglases ziemlich lebhaft.

Digitized by Google

Wenn es noch gegen Remak's Behauptung über Fortsätze der Dotterhaut eines Beweises bedürfte, so wäre er bei solcher Beobachtung gegeben. Man sieht hier im durchfallenden Lichte beide Contouren der Dotterhaut gegen den Dotter scharf abgegrenzt. Man sieht die Furche als eine Einziehung des Dottercontours entstehen, aber niemals etwas, was zur Annahme einer Fortsetzung der Dotterhaut die entfernteste Berechtigung gibt. Diese kann es also nicht sein, welche die Runzelung bewerkstelligt. Dass aber unter ihr keine zweite Membran existirt, bedarf bei der Leichtigkeit aus erhärteten Eiern die feinsten Durchschnitte zu machen keines weiteren Beweises.

Wenn aber keine Membran da ist, welche mit der Furchung in nähere Beziehung tritt, dann liegt es gewiss sehr nahe, Max Schulze beizustimmen und die Furchung als einen Act der Contraction des Dotters zu betrachten. Es liegt um so näher als durch meine eben mitgetheilten Beobachtungen, die selbstständigen Bewegungen der Furchungskugeln, wie diese nur mit Unrecht heissen, auch dann noch wahrgenommen werden, wenn die Dotterhaut eingerissen und die Formelemente aus dem Zusammenhange gebracht werden.

Ich will nunmehr die Frage aufwerfen, ob wir die Bewegungserscheinungen embryonaler Zellen in irgend einer Weise physiologisch verwerthen können? Hat die Entwicklungsgeschichte Facta aufzuweisen, welche sich auf jene Phänomene zurückführen lassen? Die Antwort darauf spricht auffallend günstig für die gesammte neuere Zellenlehre.

In meinen Untersuchungen über die ersten Anlagen in Batrachier-Eiern [1]) wies ich auf ganz ausserordentliche Locomotionen der Zellen hin. Die Gesammtanlage des Drüsenblattes und motorischen Blattes liess ich an dem grösseren vorderen Thierabschnitte aus Zellen hervorgehen, welche sich längs des äusseren Keimblattes vorgeschoben haben. Es heisst daselbst: „die Zellen, welche früher in horizontaler Lage die Höhle nach unten begrenzen halfen, bewegen sich allmählich längs der Innenfläche der Decke hinauf.“

---

[1]) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. XI. Bd., 3. Heft.

Digitized by

Ich wagte es damals nicht, mir über die Art dieser Bewegungen eine Vorstellung zu machen. Ich erschloss nur ihre Existenz aus anatomischen Befunden, und stützte diesen Schluss noch dadurch, dass ich den Weg für die relativ ungeheure Wanderung annäherungsweise ermittelte.

Nach unseren heutigen Kenntnissen ist jene Dislocation nicht mehr räthselhaft.

Wer einmal gesehen hat, welche Bewegungen eine embryonale Zelle auf dem Objectträger ausführt, und wer ferner weiss, wie lose die Zellen an der unteren inneren, der Furchungshöhle zugewendeten Fläche eines Batrachiereies neben einanderliegen, sehen sie doch wie über den Boden hingeworfene Erbsen aus, den wird es auch nicht Wunder nehmen zu erfahren, dass diese Zellen Wanderungen antreten.

Es ist also ein unabhängig von der neueren Zellenlehre aufgestelltes Factum da, welches darauf hinweist, dass den Bewegungen der Zellen eine ganz kolossale Rolle zugewiesen ist, dass sie in einem Falle Grundbedingung eines Wirbelthierbaues sind.

Man kann aber in der Entwicklungsgeschichte weite Rundschau halten, und man wird allenthalben auf Veränderungen stossen, für deren Erklärung die Bewegung der Zellen als die am wenigsten gewagte Annahme erscheinen dürfte.

Wenn sich in einem gleichartigen zelligen Blatte ein centraler Strang durch eine ringsum sich bildende Trennungsspur isolirt, wie dieses bei der *Chorda dorsalis,* bei der Abscheidung zwischen Knorpel und Muskel des Kopfes [1]) so deutlich wahrzunehmen ist, so ist doch Contractilität gewiss das Nächste, woran wir hier zu denken haben

Die embryologischen Einzelfragen geben reichlichen Anlass zu derlei Betrachtungen, und es ist noch der Zukunft anheimzustellen, über wie viele Schwierigkeiten wir hinübergelangen werden, wenn wir nur erst dahin kommen das Leben der Zellen in dem Maasse zu würdigen, als es nach den Forschungen aus den letzten Jahren zu verdienen scheint.

---

[1]) Siehe meine Untersuchungen, Archiv für Phys. 1. Heft. 1864.

Digitized by Google

XXXIII.

Ueber die räumliche Ausbreitung des Schlages der Zitterfische.

Von

Emil du Bois-Reymond [1]).

---

§. 1. Einleitung.

Die höchste und letzte Frage in Betreff der Zitterfische ist natürlich die nach dem Mechanismus, wodurch die elektrischen Platten vorübergehend in Spannung gerathen. Die Beantwortung dieser Frage, obschon vermuthlich nicht so schwierig, wie die der Frage nach dem Mechanismus der Muskelverkürzung, ist doch noch in weitem Felde. Sie wird, wenn überhaupt, erst spät auf dem Wege einander ergänzender morphologischer und experimenteller Ermittelungen erlangt werden, der allein vermag, uns mit den hier noch gänzlich fehlenden Zwischengliedern bekannt zu machen; und der Fortschritt in dieser Richtung dürfte, wie oft bei solchen Bestrebungen, zum Theil das Werk des Zufalls sein.

Es giebt aber noch eine andere Art, das Problem der Zitterfische anzugreifen, welche anspruchloser und minder verlockend, doch jener

---

[1]) Mitgetheilt vom Herrn Verfasser aus den Monatsberichten der Königl. Preus. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 14. April 1864.

Digitized by

voraufgehen muss, und ausserdem das für sich hat, dass sie sich ihrem Ziele mit methodischer Sicherheit nähert. Ich meine die, welche im Gegensatz zur physikalischen Theorie, worauf die erstere Bemühung es abgesehen hat, gleichsam nur eine mathematische Theorie bezweckt, indem sie die Erscheinungen nach Raum, Zeit und Intensität scharf aufzufassen, sodann nach bekannten Gesetzen aus einer ihrer Natur nach unbestimmten, wohl aber gleichfalls nach Raum, Zeit und Intensität festgestellten Ursache herzuleiten sucht. Wie die mathematische Theorie der galvanischen Kette, des Magnetes, unabhängig von jeder Voraussetzung über die elektromotorische Kraft, den Magnetismus, möglich war, und erst die Grundlage für die Erörterung der in der Kette, dem Magnet wirksamen Ursache abgab: so ist eine ähnliche Betrachtung des Schlages der Zitterfische nicht nur möglich, sondern vor Allem nöthig, und wird dem Sinn nach eine mathematische Theorie heissen dürfen, auch wenn der Gegenstand nicht erlaubt ihr die mathematische Form zu geben.

Bereits in meiner ersten Abhandlung, im Jahre 1842 [1]), habe ich mich auf diesen Standpunkt gestellt, und habe versucht, die wichtigsten, die räumliche Ausbreitung des Zitterfisch-Schlages betreffenden Thatsachen aus der morphologisch und physiologisch wahrscheinlichsten Meinung abzuleiten, das elektromotorische Element des Organes seien die damals zwischen dessen queren Scheidewänden angenommenen Gallertscheibchen, an deren Stelle jetzt die von Bilharz erkannte elektrische Platte getreten ist. Meine damaligen Aeusserungen wurden theils von Solchen missverstanden, welche von jedem Theoretisiren über das elektrische Organ verlangten, dass dadurch auch gleich die Elektricitätsentwickelung erklärt würde [2]); theils blieben sie unbeachtet, weil sie in grösster Kürze, ohne experimentelle Belege, hingeworfen waren. Es wird desshalb nicht ungehörig sein, wenn ich ausführlicher darauf zurückkomme, um so weniger, als ich jetzt nicht allein die Theorie in sich besser zu begründen, sondern auch einige Versuche zu deren Stütze beizubringen vermag.

---

[1]) Vorläufiger Abriss einer Untersuchung über den Muskelstrom und über die elektromotorischen Fische. Poggendorff's Annalen u. s. w. 1843. Bd. LVIII. S. 1.

[2]) S. die Fortschritte der Physik im Jahre 1846. Berlin 1848. S. 466.

Digitized by Google

Es soll zunächst nur gezeigt werden, dass was über die Richtung und Stärke der Elektricitätsbewegung in der leitenden Umgebung der Zitterfische bekannt ist, nach den Leitungsgesetzen der Elektricität mit der Vorstellung stimmt, wonach im Augenblick des Schlages die eine Fläche der elektrischen Platten positiv, die andere negativ wird. Ihrer Natur nach fällt diese Aufgabe gänzlich in das von den Hrn. Kirchhoff, Helmholtz u. A. bearbeitete Gebiet der Fortpflanzung des Stromes in nicht linearen Leitern. Die allgemeinen Grundsätze, nach denen hier mathematisch zu verfahren wäre, stehen fest. Aber wie in der Lehre vom Muskelstrom ist man wegen der verwickelten Gestalt der zu betrachtenden körperlichen Leiter meist nur auf die Anschauung und auf Versuche an schematischen Vorrichtungen angewiesen. Nur unter gewissen Bedingungen von idealer Einfachheit vermag die Theorie Richtung und Stärke der Strömung in einem beliebigen Punkte einer den Fisch umgebenden leitenden Masse bereits jetzt mit Schärfe anzugeben.

§. II. Entwickelung einer Hypothese über die Mechanik des Zitterfisch-Schlages.

Obschon, wie gesagt, die Aufstellung einer physikalischen Hypothese über die Ursache des Zitterfisch-Schlages hier eigentlich nicht beabsichtigt wird, so erfordern doch Gründe, die sogleich einleuchten werden, dass wir zuerst einer solchen Hypothese unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Schon Athanasius Kircher sprach, mit Rücksicht auf den Zitterrochen, von den *innumeris circa hunc piscem nugamentis* [1]), zu denen beizusteuern er natürlich nicht versäumte. Seitdem aber Adanson die elektrische Natur des Schlages am Zitterwelse vermuthet [2]), Walsh sie am Zitterrochen erwiesen [3]) hatte, ist kaum ein Schritt in der Elektricitätslehre geschehen, der nicht zu einer neuen Hypothese über den Mechanismus des elektrischen Organes

---

[1]) *Magneticum Naturae Regnum. Amstelodami 1667. 12. p. 192.*

[2]) Reise nach Senegall übersetzt von Martini. Brandenburg 1773. S. 201.

[3]) *Philosophical Transactions etc. For the Year 1773. p. 461.*

Digitized by

Anlass ward. Nicholson verglich die Säulen des Organs Elektrophoren aus Glimmer [1]), Volta sah darin Säulen nach Art der seinigen [2]), J. W. Ritter secundäre Säulen, die vom Gehirn aus geladen würden [3]), P. Erman glaubte, dass die von ihm entdeckte unipolare Leitung gewisser Stoffe den Schlüssel zum Problem enthalte [4]), und zuletzt fehlte es sogar nicht an Solchen, welche diesen Schlüssel in der Induction suchten [5]). Hypothesen der letzteren Art, denen es an jeder wirklichen Grundlage gebrach, fielen natürlich zu Boden, kaum dass sie ausgesprochen waren. Aber auch der Volta'schen Vorstellung, der doch der blosse Anblick des Torpedo- und Gymnotus-Organs das Wort zu reden schien, standen bei näherer Ueberlegung ernste Schwierigkeiten entgegen. Ich rede nicht davon, dass nach Volta's ursprünglicher Meinung feuchte Leiter, so wenig wie Metalle, unter sich eine wirksame Anordnung abgeben sollten. Dies Bedenken, worauf er schon bei seiner Erklärung der Zuckung ohne Metalle gestossen war, umging Volta bekanntlich, indem er seine zweite Klasse der Leiter in eine zweite und dritte spaltete [6]). Allein erstens wusste man im Organ die drei ungleichartigen Bestandtheile nicht anzugeben welche zum Wesen der Kette gehören; zweitens wirkt die Säule beständig, während das Organ sichtlich nur schlägt, wenn es dem Fisch beliebt. Die Hypothesen, welche Volta selber, und nach ihm mehrere Forscher erdacht haben, um über diese Schwierigkeiten hinwegzukommen, laufen meist darauf hinaus, beim Schlage entweder den Fisch gewisse Bewegungen vornehmen zu lassen, um die elektromotorischen

---

1) Gilbert's Annalen der Physik. 1806. Bd. XXIII. S. 276.

2) *Collezione dell' Opere ec. Firenze 1816. t. II. p II. p 99.*

3) Beiträge zur nähern Kenntniss des Galvanismus und der Resultate seiner Untersuchung. Bd. II. St. 3. 4. 1805. S. 243. Anm.; — Gehlen's Journal für die Chemie, Physik u. s. w. 1807. Bd. IV. S. 644. Anm.

4) Gilbert's Annalen der Physik. 1806. Bd. XXII. S. 44. 45.

5) R. Böttger in Poggendorff's Annalen u. s. w. 1840. Bd. L. S. 39; — Masson in einer mir nicht zugänglichen Thèse; — Henry in *Transactions of the American Philosophical Society etc. New Series. 4. 1843. Vol. VIII. p. 11. (1840).* — S. auch Planciani, *Comptes rendus etc. 3. Octobre 1842. t. XV. p. 692.*

6) S. meine Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 92. 93.

Digitized by Google

Bestandtheile seiner Batterie erst gehörig in Berührung zu bringen [1]), oder einen bis dahin fehlenden leitenden oder elektromotorischen Bestandtheil durch den Willen des Thieres zufliessen zu lassen [2]). Als elektromotorische Bestandtheile aber dachte man sich dabei theils die gewöhnlichen Thierstoffe, sehnige Scheidewände, Nerven, Blut und eiweissartige Flüssigkeiten, theils auch das sogenannte Nervenfluidum [3]).

Dass keine dieser Hypothesen mehr war, als ein müssiges Spiel der Phantasie, würde nöthigenfalls dadurch bewiesen, dass deren keine auch nur Einen neuen Versuch hervorrief. Was den letzteren Punkt betrifft, so habe ich gezeigt, dass die thierischen Gewebe sich elektromotorisch gleichartig verhalten [4]), und ich hatte daher gewiss Recht, als ich, an der oben S. 318 angeführten Stelle, einfach die damals im Organ beschriebenen Gallertscheibchen unter dem Einfluss des Willens elektromotorisch wirksam werden liess. Die elektromotorischen Bestandtheile, aus denen die Elementarketten der Fischsäulen bestehen, sind nicht in optisch unterscheidbaren Gebilden, in einander berührenden ungleichartigen Geweben oder thierischen Flüssigkeiten zu suchen, so wenig, wie man mit dieser Annahme zur Erklärung des Muskel- und Nervenstromes ausreicht. Vielmehr ist der Sitz der elektromotorischen Kraft auch hier in das Innere eines morphologisch einheitlichen Gebildes zu verlegen, der jetzt sogenannten elektrischen Platte. In Betreff der darin elektromotorisch wirksamen Stoffe und der Lebhaftigkeit ihrer elektrochemischen Wechselwirkung, haben wir alsdann für unsere Vorstellungen freies Feld. Statt Blut, Nerven,

---

[1]) So Volta selbst *(Collezione dell' Opere. t. II. p. II. p. 113. 114;* — Brief an Configliachi *„Sopra esperienze ed osservazioni da intraprendersi sulle Torpedini“, ivi, p. 259;* — deutsch in Gehlen's Journal für die Chemie, Physik u. s. w. 1807. Bd. IV. S. 616) und Hr. Becquerel d. V. *(Traité expérimental de l'Électricité et du Magnétisme. 1836. t. IV. p. 289).*

[2]) So Alex. v. Humboldt (Reise in die Aequinoctial-Gegenden des neuen Continents in den Jahren 1799—1804. Stuttgart und Tübingen 1820. Th. III. S. 321) und Hr. Valentin (Artikel „Elektricität der Thiere“ in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie u. s. w. Bd. I. Braunschweig 1842. S. 276. 277; — Beiträge zur Anatomie des Zitteraales u. s. w. Neuchatel 1841. 4. S. 58).

[3]) Vergl. z. B. Pacini, *Sulla Struttura intima dell' Organo elettrico del Gimnoto e di altri Pesci elettrici ec. Firenze 1852. p. 27 e seg.*

[4]) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 481 ff.

Digitized by Google

Bindegewebe und ähnlicher Dinge, die sämmtlich nur eine schwach alkalische Reaction besitzen, und von denen nie einzusehen war, wie sie zu einer mächtig wirksamen Säule zusammentreten sollten [1]), können wir uns jetzt, wenn wir wollen, einerseits die elektronegativsten Substanzen, wie Ozon, andererseits die elektropositivsten, wie Wasserstoff, in regster Wechselwirkung denken.

Von hier aus lag mir eine Vermuthung sehr nahe, welche geeignet schien, zu erklären, wie das Organ nur unter dem Einfluss der Nerven elektromotorisch thätig würde, und welche zugleich den Vortheil bot, diese Thätigkeit mit der der Muskeln und Nerven unter Einen Gesichtspunkt zu vereinigen. Diese Vermuthung war, dass in der elektrischen Platte, wie in den Muskeln und Nerven, dipolar elektromotorische Molekeln vorhanden seien, welche im Zustand der Ruhe ihre Pole entweder nach allen möglichen, oder zu zweien nach entgegengesetzten Richtungen kehren, so dass ihre Wirkung nach aussen verschwindet, beim Schlagen aber sämmtlich ihre positiven Pole schnell der Fläche des Organs zuwenden, von der der positive Strom ausgeht [2]). Die elektromotorischen Molekeln muss man sich auch hier

---

[1]) Vergl. Schönbein, *Archives de l'Électricité. t. I. 1841. p. 456.*

[2]) Zu meinem Erstaunen habe ich lange Zeit nachher gefunden, dass dieser Gedanke nicht neu, sondern im Wesentlichen bereits von einem scharfsinnigen Forscher sogar zwölf Jahre früher ausgesprochen war, als ich in meinem Werke die Hypothese von elektromotorischen Molekeln in den Nerven und Muskeln entwickelte. Bei Gelegenheit seiner bereits 1831 zu La Rochelle angestellten Versuche am Zitterrochen sagte 1836 Hr. Colladon: „*Dans cette hypothèse, les organes électriques des tor-*
„*pilles seraient composés d'un faisceau de piles latentes formées d'éléments bi-polaires*
„*très-petits nageant dans un fluide et disposés sans ordre dans les tubes aponévrotiques.*
„*Ces éléments bi-polaires, sous un acte de volonté de l'animal, ou par une action*
„*nerveuse artificielle, se disposeraient subitement dans un ordre régulier et tourneraient*
„*tous ou presque tous leurs pôles positifs vers une des faces de l'animal. Sous l'action*
„*volontaire le pôle positif serait toujours tourné vers le dos de la torpille: cette dis-*
„*position régulière des éléments ne durerait qu'un temps très-court, et le fluide lancé*
„*sur les deux faces se réunirait immédiatement soit dans le corps de la torpille, soit*
„*au travers des corps conducteurs au contact avec une portion de sa surface. Les*
„*variations d'intensité dépendraient du nombre des éléments qui seraient dirigés vers*
„*les faces par un effort plus ou moins violent.*“ Diese Stelle ist meines Wissens nur im *Institut. 1836. t. IV. No. 181. p. 350* abgedruckt. Die *Comptes rendus etc.*

Digitized by Google

als verschiebbare und um ihren Schwerpunkt drehbare Heerde einer im Sinne ihrer Achse stattfindenden chemischen Thätigkeit denken, derselben etwa, welche die Athmung der Organe ausmacht [1]). Es können mehrere Molekeln hintereinander in der Dicke der Platte liegen, so dass die Organe Säulen von noch ungleich grösserer Gliederanzahl wären, als sie vermöge der Anzahl der Platten bereits vorstellen.

Dass der Fisch durch wiederholtes Schlagen ermüdet, deutet im Verein mit dem Gefässreichthum der Organe darauf, dass darin, wie in den Muskeln und der grauen Substanz, im Gegensatz zu den gefässarmen Nervenstämmen und der ebenso beschaffenen weissen Substanz, ein bedeutender Stoffverbrauch statthindet, und insbesondere die Thätigkeit der Organe begleitet. Dies liesse sich, unter gewissen Bedingungen, so verstehen, dass der verstärkte Strom einer säulenartig angeordneten Molekelreihe in deren Innerem von rasch erschöpfender Elektrolyse begleitet sein kann, während die Elektrolyse der Molekeln durch ihren eigenen Strom viel kleiner ausfällt, vollends aber, wenn in der Ruhe die Ströme je zweier Molekeln einander grossentheils aufheben. Eine Annahme über die Anordnung der Molekeln im Ruhezustande, wobei das Letztere eintrifft, ist derjenigen, wobei die Molekeln ihre Pole nach allen Richtungen kehren, auch deswegen vorzuziehen, weil bei dieser dieselbe Schwierigkeit statthindet, auf die Hr. Dove bei der Theorie der Elektromagnete aufmerksam gemacht hat, dass man nämlich nicht sieht, weshalb die einmal gerichteten Molekeln nicht in der neuen Lage bleiben [2]). Nimmt man dagegen auch in der Ruhe eine besondere Anordnung der Molekeln an, so setzt man damit zugleich Kräfte, um die Molekeln, nachdem sie aus der Ruhelage gebracht wurden, in diese zurückzuführen. Der Uebergang der dipolaren Molekeln aus der peripolaren in die säulenartige Anordnung, und umgekehrt, wie ich ihn im Nerven zur Erklärung des Elektrotonus angenommen habe, würde der Form

---

24. Octobre 1836. t. III. p. 490. die *Annales des Sciences naturelles etc. 2e Sér. t. VI. Zoologie. 1836. p. 255* und Poggendorff's Annalen u. s. w. 1836. Bd. XXXIX. S. 411 enthalten nur Hrn. Colladon's Versuche.

[1]) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv u. s. w. 1863. S. 595. 596.

[2]) Untersuchungen im Gebiete der Inductionselektricität. Berlin 1842. 4. S. 54.

Digitized by Google

nach derselbe Vorgang sein, wie der beim Schlagen des Organs. Man kann sich auch die Molekeln des Organs peripolar angeordnet denken, nur nicht mit ihren Achsen der Richtung des Schlages parallel, da von mir an Malapterurus [1]), von Hrn. Eckhard an Torpedo [2]) gezeigt wurde, dass ein in jener Richtung aus dem Organ geschnittener Streifen zwischen seinen Polflächen und seinem Umfang in der Ruhe keinen Strom giebt.

Uebrigens bin ich im Besitze von Thatsachen, welche die vorgetragene Hypothese insofern unterstützen, als sie dadurch sehr einfach erklärt werden. Ich will jedoch jetzt nicht weiter darauf eingehen, wo diese Hypothese, welches auch sonst ihr Werth sei, nur deshalb zur Sprache kam, weil sie mein Freund, Hr. Kirchhoff, auf meine Bitte zur Grundlage einer Betrachtung über die räumliche Ausbreitung des Zitterfisch-Schlages gemacht hat, die hier für uns natürlich vom unmittelbarsten Interesse und von der grössten Wichtigkeit ist. Er hat mir dieselbe in einem Schreiben aus Heidelberg, vom 1. October 1857, mitgetheilt.

§. III. Hrn. Kirchhoff's Theorie der elektromotorischen Molekeln und des elektrischen Organs.

„Die Theorie einer elektromotorischen Molekel ist sehr einfach, „wenn man von der Polarisation, die stattfinden muss, absieht und „annimmt, dass die Leitungsfähigkeiten der Theile der Molekeln und „der Flüssigkeit gleich sind. Es sei — um mit der Betrachtung „eines speciellen Falles zu beginnen — die Molekel eine Kugel, die „zur Hälfte aus einem, zur Hälfte aus einem andern Metalle besteht; „die beiden Metalle berühren sich in einer Fläche, die durch eine „Kreislinie begrenzt ist; in dieser Kreislinie treffen die drei Leiter, „die zu betrachten sind, zusammen. Wenn die Gestalt der Molekel „irgend welche andere ist, so wird es doch auch immer eine in sich „zurückkehrende Curve geben, in der die drei heterogenen Leiter zu„sammentreffen; von der Gestalt dieser Curve hängen einzig und

---

[1]) Diese Zeitschrift, 1858, Bd. V. S. 131.

[2]) Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Giessen 1858. 4. Bd. I. S. 161. 162.

Digitized by Google

„allein die Strömungslinien unter der gemachten Voraussetzung ab. „Es stimmt nämlich in Richtung und Grösse die Strömung in einem „Punkte P — in der Flüssigkeit oder in der Molekel selbst — überein „mit der Kraft, welche auf einen Magnetpol im Punkte P ausgeübt „wird von einem elektrischen Strome, welcher in jener Curve fliesst. „Es fallen daher die Strömungscurven zusammen mit den Kraftlinien „jenes elektrischen Stromes in Bezug auf einen Magnetpol. Sind „viele elektromotorische Molekeln neben einander vorhanden, so stimmt „in derselben Weise die Strömung in einem Punkte in Richtung und „Grösse überein mit der Kraft, welche auf einen Magnetpol in diesem „Punkte ausgeübt werden würde von elektrischen Strömen, die die „Molekeln in den bezeichneten Curven umfliessen. Die Richtung der „Strömung ist überall die Richtung, die eine unendlich kleine Magnet-„nadel unter dem Einfluss der gedachten Ströme annehmen würde."

„Der Beweis für diese Behauptung ist der folgende: Es seien „x, y, z die rechtwinkligen Coordinaten eines Punktes des betrachteten „Systemes und u die elektrische Spannung (oder das elektrische Po-„tential) in diesem Punkte; $\frac{du}{dx}$, $\frac{du}{dy}$, $\frac{du}{dz}$ sind dann proportional mit den „Componenten der Stromdichtigkeit nach den Coordinatenachsen für „denselben Punkt. Es besteht dabei die Gleichung

$$\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2u}{dy^2} + \frac{d^2u}{dz^2} = 0;$$

„und zwar muss dieselbe, wenn die Flüssigkeitsmasse nach allen „Richtungen sich bis in die Unendlichkeit erstreckt, wie oben still-„schweigend vorausgesetzt ist, für alle Punkte des unendlichen Raumes „gelten, mit Ausnahme der Punkte der Berührungsflächen der hete-„rogenen Leiter, in denen u sich sprungweise ändert. Es soll der „Raum, den die Flüssigkeit einnimmt, 0 heissen, der Raum, den die „Theile der Molekeln von der einen Art einnehmen, 1, und der „Raum, welchen die Theile derselben von der andern Art erfüllen, 2; „es soll weiter u bezeichnet werden durch u_0, u_1 oder u_2, je nachdem „der Punkt, auf den es sich bezieht, in dem Raume 0, 1 oder 2 liegt; „es sollen endlich (0, 1), (1, 2), (2, 0) die elektrischen Differenzen „je zweier der heterogenen Leiter genannt werden. Es muss dann

Digitized by Google

„für die Grenzflächen von 0 und 1 $u_0 - u_1 = (0, 1)$
„ „ „ „ „ 1 „ 2 $u_1 - u_2 = (1, 2)$
„ „ „ „ „ 2 „ 0 $u_2 - u_0 = (2, 0)$

„sein. Ferner müssen an diesen Grenzflächen $\frac{du}{dx}$, $\frac{du}{dy}$, $\frac{du}{dz}$ keine „Sprünge zeigen. Endlich müssen dieselben Differentialquotienten in „der Unendlichkeit verschwinden. Durch diese Bedingungen ist die „Funktion u bis auf eine additive Constante vollständig bestimmt [1]); „man findet dieselbe durch die folgende Erwägung."

„Für einen geschlossenen elektrischen Strom lassen sich nach „einem bekannten von Ampère aufgestellten Satze in Beziehung auf „seine magnetischen Wirkungen magnetische Flüssigkeiten substituiren, „die auf einer beliebigen durch die Stromescurve begrenzten Fläche „auf gewisse Weise vertheilt sind. Diese Substitution ist nur dann „nicht erlaubt, wenn es sich um die Wirkung des Stromes auf einen „in der gewählten Fläche liegenden Punkt handelt. Ist v das Po„tential der magnetischen Fläche in Beziehung auf einen Punkt „(x, y, z), so erleiden bei dem Durchgange durch die Fläche $\frac{dv}{dx}$, $\frac{dv}{dy}$, $\frac{dv}{dz}$ „keine Sprünge, v selbst aber ändert sich sprungweise um $4\pi i$, wenn „i die Intensität des Stromes bedeutet, für den sich die magnetische „Fläche substituiren lässt."

„Man wird hiernach den für u aufgestellten Bedingungen voll„ständig genügen, wenn man u gleichsetzt dem Potentiale von „magnetischen Flüssigkeiten, welche auf den Grenzflächen der hetero„genen Leiter in gewisser Weise vertheilt sind, nämlich: auf den „Grenzflächen von 0 und 1 so, dass diese Flächen sich substituiren „lassen für Ströme, die ihre Contouren mit der Intensität $\frac{(0, 1)}{4\pi}$ „durchfliessen, auf den Grenzflächen von 1 und 2 so, dass diese Flä„chen sich substituiren lassen für Ströme, die mit der Intensität $\frac{(1, 2)}{4\pi}$ „ihre Contouren durchfliessen, auf den Grenzflächen von 2 und 0 „endlich so, dass diese Flächen sich für Ströme substituiren lassen,

---

[1]) Vergl. Poggendorff's Annalen u. s. w. Bd. LXXV. S. 189.

Digitized by Google

„die mit der Intensität $\frac{(2,\ 0)}{4\pi}$ ihre Contouren durchfliessen. Die Con-
„touren der drei Gattungen von Grenzflächen fallen zusammen und
„bilden die Curve, in denen die drei heterogenen Leiter zusammen-
„stossen; die bezeichneten magnetischen Flächen lassen sich daher
„zusammen für Ströme substituiren, die diese Curve mit der Intensität

$$\frac{1}{4\pi}\left((0,\ 1) + (1,\ 2) + (2,\ 0)\right)$$

„durchfliessen. Die Differentialquotienten des Potentials dieser Ströme
„(die eindeutig sind, während das Potential selbst vieldeutig ist)
„müssen hiernach überall den Differentialquotienten von u gleich sein;
„mit andern Worten: die Kraft, die von diesen Strömen auf einen
„Magnetpol ausgeübt wird, der an irgend einem Punkte sich befindet,
„muss der Richtung und Grösse nach die Strömung darstellen, die
„an diesem Punkte von den elektromotorischen Molekeln hervor-
„gerufen wird."

„Es soll nun der Fall näher betrachtet werden, dass innerhalb
„eines durch zwei senkrechte Grundflächen begrenzten Cylinders eine
„unendliche Menge gleichartiger unendlich kleiner elektromotorischer
„Molekeln gleichmässig und so angeordnet ist, dass ihre Achsen der
„Cylinderachse parallel sind. Die bestimmenden Ströme (um
„diesen Ausdruck zu gebrauchen) derjenigen Molekeln, welche in
„einem Querschnitte des Cylinders liegen, lassen sich in Beziehung
„auf jeden Punkt ausserhalb des Cylinders ersetzen durch einen
„Strom, der die Contour des Querschnitts durchfliesst und dessen
„Intensität sich verhält zur Intensität der einzelnen Ströme wie die
„Summe der von diesen umflossenen Flächen zur Fläche des Quer-
„schnitts. Für jeden äusseren Punkt lassen sich also die bestimmenden
„Ströme durch ein Solenoid ersetzen, das die Oberfläche des Cylinders
„bildet. Dieses Solenoid lässt sich für jeden äusseren Punkt weiter
„ersetzen durch zwei magnetische Flächen, die mit den Grundflächen
„des Cylinders zusammenfallen und von denen die eine mit nördlicher
„die andere mit südlicher Flüssigkeit von gleichmässiger Dichtigkeit
„belegt ist. Die Richtung, die unter dem Einflusse dieser magnetischen
„Flächen eine unendlich kleine Magnetnadel in irgend einem äusseren

„Punkte annimmt, ist die Richtung des Stromes, den die elektro-„motorischen Molekeln hervorrufen, in diesem Punkte.“

„Es soll nun noch angenommen werden, dass der Querschnitt „des Cylinders unendlich klein ist, während seine Länge endlich ist. „Für die beiden magnetischen Flächen können dann in Beziehung „auf alle in endlicher Entfernung von ihnen liegenden Punkte mag-„netische Pole gesetzt werden. Eine Magnetnadel, die auf der Ver-„bindungslinie zweier ungleichnamigen Pole sich befindet, stellt sich „in die Richtung dieser. Daraus folgt, dass die Strömungen, die „durch die elektromotorischen Molekeln hervorgerufen werden, in den „Punkten der Oberfläche des sie enthaltenden Cylinders parallel der „Achse sind, also in der Oberfläche selbst fliessen. Es gilt dieses nur „nicht für die Punkte der Oberfläche, die den Enden des Cylinders „unendlich nahe liegen. Wenn man in einem Leiter eine Fläche, „die aus Strömungscurven besteht, isolirend macht, so wird dadurch „nirgend die Strömung weder in der Richtung noch in der Grösse „geändert. Es wird deshalb auch ohne jeden Einfluss sein, wenn „der die elektromotorischen Molekeln enthaltende Cylinder mit einer „isolirenden Schicht bekleidet wird, sobald nur in unendlich kleiner „Ausdehnung an den Enden die Mantelfläche frei bleibt.“

„Wenn der Querschnitt des Cylinders ein endlicher ist, so wird „seine Oberfläche, wenn sie nicht isolirt ist, von den Strömungscurven „geschnitten; es wird dann also eine Aenderung der Strömungen in „Grösse und Richtung eintreten müssen, wenn die Mantelfläche des „Cylinders mit einer isolirenden Schicht belegt wird. Diese Aenderung „anzugeben, scheint mir aber eine sehr schwierige Aufgabe zu sein.“

Hrn. Kirchhoff's schöne Theorie setzt, wie man sieht, eine beständige Wirksamkeit des elektrischen Organs voraus. Zu den darin gemachten Annahmen der Unpolarisirbarkeit, der gleichen Leitungsgüte aller leitenden Stoffe, und der Unendlichkeit der umgebenden leitenden Masse, kommt also noch hinzu die Vernachlässigung der Induction, welche die Entladung begleitet, und von der zu untersuchen wäre, ob sie die räumliche Ausbreitung des Schlages beeinflusst. Doch ist dies, bei der geringen in diesem Gebiet erreichbaren Genauigkeit der Beobachtung, gleichgültig. Wir können uns der Ergebnisse jener

Digitized by Google

Theorie in den dadurch umfassten Fällen als einer ersten Annäherung bedienen, und zwar unabhängig davon, ob der Molecularhypothese etwas Wahres zu Grunde liegt oder nicht. Denn wir können, wenn wir wollen, die elektrischen Platten als im Sinne ihrer Achse plattgedrückte elektromotorische Molekeln ansehen, und von ihren bestimmenden Strömen, wie von denen der Molekeln sprechen; oder wir können noch einfacher uns das elektrische Organ als eine aus elektromotorischen Flächen aufgebaute Säule vorstellen, deren stromerzeugende Wirkung in einem äusseren Punkt ersetzbar ist durch die magnetische Wirkung, welche eine in diesem Punkt befindliche Magnetnadel von Seiten derselben Flächen erführe, wären diese Flächen unendlich dünne, mit den beiden Magnetismen belegte Scheiben. Die vereinte Wirkung der elektromotorischen Flächen kann alsdann, wofern das Organ als ein Prisma mit senkrechten Grundflächen schematisirbar ist, durch die Wirkung dieser Grundflächen ersetzt werden, deren eine mit nördlichem, die andere mit südlichem Magnetismus belegt wäre. Es verdient gewiss die höchste Bewunderung, dass Hr. Faraday im Wesentlichen schon im Jahre 1838, sieben Jahre ehe Hr. Kirchhoff das erste Problem über Strombewegung in nicht prismatischen Leitern behandelte, diesen Satz durch die Anschauung gefunden und behauptet hat [1]). Leider ist dessen Anwendbarkeit, wie bereits angedeutet wurde, sehr beschränkt, da abgesehen von den Schwierigkeiten, die dafür aus der Gestalt und aus der vielleicht nicht überall gleichen Kraft der Organe erwachsen, die Magnetkraftlinien nicht mehr mit den Strömungscurven zusammenfallen, sobald isolirende Scheidewände in's Spiel kommen. Wo man aber mit hinreichender Genauigkeit einen Magnet für das elektrische Organ setzen kann, giebt es fortan ein

---

[1]) *Experimental Researches on Electricity. Reprinted from the Philosophical Transactions etc. Vol. II. London 1844. Ser. XV. November 1838. p. 12. No. 1784.* — Pohl hatte zwar schon 1826 die Strömungscurven mit den magnetischen Kraftlinien verglichen (s. meine Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 565), allein dieser Vergleich beruht bei ihm nur auf der naturphilosophischen Lehre von der Polarität, und insofern es sich in seiner Vorstellung dabei nicht, wie in Hrn. Faraday's, um ein unbegrenztes leitendes Mittel handelte, war ich im Recht, als ich a. a. O. sagte, dass derselbe keinen Sinn habe.

Digitized by Google

einfaches Mittel, sich einen beliebigen Durchschnitt durch das zugehörige Strömungsflächensystem zu verschaffen. Dazu braucht man nur in der wagerecht gestellten Ebene des verlangten Durchschnittes ein mit Eisenfeilicht bestreutes Papier anzubringen und zu erschüttern, bis die magnetischen Curven sich ausgeprägt haben. Nicht blos die Richtung des Stromes wird sich durch die Anordnung der Späne, sondern auch dessen Dichte durch ihre grössere oder geringere Anhäufung aussprechen.

§. IV. Von der Abwesenheit isolirender Hüllen am elektrischen Organ.

Vor Allem muss nun ein Punkt in's Klare gebracht werden, der, obschon im Grunde ganz unbedenklich, doch lange für Viele ein Anstoss, und der Ursprung einer grossen Verwirrung gewesen ist.

Bekanntlich verglich Volta bereits in seinem Brief an Banks die Säule mit dem Organ der Zitterfische, ja er schlug dafür den Namen eines künstlichen elektrischen Organes vor. Volta wusste, dass im Inneren eines Thieres, also auch der Zitterfische, nicht gut isolirende Häute denkbar seien, und wies aus diesem Grunde Nicholson's oben S. 440 erwähnte Theorie zurück. Dennoch setzte Volta bei seinem eigenen Vergleich des Organs und der Säule voraus, dass letztere bis auf ihre Pole isolirt unter Wasser versenkt sei [1]). Später vermuthlich auf diesen Widerspruch aufmerksam geworden, nimmt er seine Zuflucht zu der Annahme, dass beim Schlage die Organe sich seitlich von den sie umgebenden Geweben ablösen [2]). Noch später hat er sich zwar durch Versuche überzeugt, dass starke Säulen schlagen, auch wenn sie in ihrer ganzen Länge mit nassen Binden umwickelt sind. Dennoch, heisst es, liebt Volta noch sich vorzustellen *(ama di figurarsi)*, dass die einzelnen Säulen des Organs von einer

---

[1]) *Collezione dell' Opere ec. Firenze 1816. t. II. p. II. p. 117.*

[2]) *Ivi, p. 268;* — Gehlen's Journal für die Chemie, Physik u. s. w. 1807. Bd. IV. S. 631.

Digitized by Google

isolirenden, wenn auch noch so dünnen, vielleicht fettigen Schicht umhüllt seien [1]).

Deluc stellte gleichfalls Versuche mit untergetauchten Säulen an, und da er fand, dass diese dabei ihre Wirkung einbüssten, so schloss er, dass die Kraft der Zitterfische nicht Elektricität, oder dass letztere wenigstens in diesen Thieren noch mehr umgewandelt sei, als seiner Meinung nach schon in der Säule selber [2]).

Auch Ritter hat sich, ohne bestimmten Erfolg, mit dergleichen Untersuchungen befasst [3]).

Noch im Beginn der vierziger Jahre schrieb Hr. Valentin den die Säulen des Zitterrochenorgans begrenzenden sehnigen Scheidewänden die Rolle isolirender Hüllen zu [4]), und Hr. Schönbein neigte sich zu der Ansicht, dass der Gymnotus sich willkürlich von dem umgebenden Wasser isoliren könne [5]).

So haben also bis zu verhältnissmässig neuer Zeit Physiker und Physiologen eine Schwierigkeit darin gefunden sich vorzustellen, wie im elektrischen Organ auch ohne Isolation eine Summirung der Elementarwirkungen stattfinde. Gleich in meinem „vorläufigen Abriss" habe ich diese Schwierigkeit als eine illusorische bezeichnet, und mittels des Princips der Deckung der Ströme das Zustandekommen der Summirung folgendermassen veranschaulicht.

Befindet sich in einem körperlichen Leiter irgendwo ein elektromotorisches Flächenelement, so wird die Masse des Leiters von der dadurch erregten Strömung erfüllt. Die von beliebig vielen und beliebig gelegenen solchen Elementen ausgehenden Strömungen setzen sich in jedem Punkte (nach dem Parallelogramm der Kräfte) zusammen. Sind die Elemente in parallelen Ebenen hinter einander und gleichsinnig angeordnet, so wird eine Verstärkung der Wirkung

---

[1]) *L'Identità del Fluido elettrico col così detto Fluido Galvanico vittoriosamente dimostrata con nuove Esperienze ed Osservazioni. Memoria communicata al Signore Pietro Configliachi ec. Pavia 1814. 4. p. 75.*

[2]) *Traité élémentaire du Fluide électrico-galvanique. Paris 1804. t. II. p. 253.*

[3]) Gehlen's Journal u. s. w. A. a. O. S. 633 ff. Anm.

[4]) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie u. s. w. Artikel „Elektricität der Thiere." Bd. I. Braunschweig 1842. S. 277.

[5]) *Archives de l'Électricité. 1841. t. I. p. 459.*

Digitized by Google

des einzelnen auf einen gegebenen Punkt stattfinden. Setzt man an Stelle der elektromotorischen Flächenelemente die Platten des elektrischen Organs im Augenblick der Entladung, so hat man ein Bild davon, wie, trotz der mangelnden Isolation, die Wirkungen summirt werden.

Diese an sich einleuchtende Vorstellung ist jetzt durch eine strenge, von Hrn. Helmholtz gegebene Ableitung völlig gerechtfertigt [1]), und für den Fall unbegrenzter Ausdehnung des körperlichen Leiters ergiebt sich dasselbe auch auf dem von Hrn. Kirchhoff vorgezeichneten Wege. Durch folgende Versuche wird übrigens die Möglichkeit der Summirung ohne Isolation, wenn es nöthig sein sollte, ausser Zweifel gesetzt.

Der einen langen Seite eines 182^{mm} langen, 119^{mm} breiten, 38^{mm} tiefen, 25^{mm} hoch mit Brunnenwasser gefüllten Porzellantroges entlang wurden zwei 50^{mm} hoch mit Fliesspapier bekleidete, 25^{mm} breite Platinplatten als Enden des Muskelmultiplicators [2]) in 130^{mm} Abstand symmetrisch so aufgestellt, dass die Ebene der Platten zur Wand des Troges senkrecht war. Diese Platten heissen die Ableitungsplatten. Die elektrischen Platten nachzuahmen, dienten 24 aus Platin und Zink zusammengelöthete Plattenpaare. Sie waren quadratisch, von 25^{mm} Seite, und 3^{mm} dick, das Zink verquickt. Eine grössere oder geringere Zahl derselben, je nach Bedürfniss, wurde in säulenartiger Anordnung mit der Kante auf eine Leiste gekittet, wobei zwischen je zwei Platten 1^{mm} Zwischenraum blieb [3]). Mittels der Leiste wurde die Säule plötzlich längs der anderen langen Seite des Troges in symmetrischer Stellung versenkt, und der Ausschlag abgelesen. S. Bogen 1 in Fig. I., wo, wie auch in den übrigen Figuren, die dunklen Begrenzungen das Platin oder Kupfer, die lichten das Zink vorstellen; a_1, a' sind die Ableitungsplatten.

Diese Art der Beobachtung, dieselbe, welche mir zu den Versuchen an den elektromotorischen Muskelmodellen diente, war durch

---

[1]) Poggendorff's Annalen u. s. w. 1853. Bd. LXXXIX. S. 212.

[2]) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 162.

[3]) Das Aufkitten geschah nämlich, indem ich zwischen den Platten 1^{mm} dicke Fournierplättchen brachte, welche nachher entfernt wurden.

Digitized by Google

die doppelte Polarisation geboten, in Folge deren die beständige Ablenkung sehr schwach und unregelmässig ausfiel. Viel besser wäre es gewesen, statt der Zinkplatinplatten Elektrodenpaare beständiger Ketten in einer Flüssigkeit anzuwenden, worin sie nicht polarisirt würden, und ebenso die Ableitungsplatten unpolisirbar zu machen, also z. B. als Flüssigkeit schwefelsaure Zinkoxydlösung, als Elektroden und Ableitungsplatten verquicktes Zink zu nehmen, und die beständigen Ablenkungen an der Spiegelbussole zu beobachten. Zur Zeit jener Versuche besass ich diese Hülfsmittel noch nicht; ich mache die Versuche aber bekannt, wie sie sind, weil ich vorraussehe, dass ich noch lange keine Musse finden werde, darauf zurückzukommen, und weil sie, im Wesentlichen, doch auch so ihren Zweck erfüllen.

Bei der beschriebenen Anordnung erhielt ich im Mittel aus 10 Versuchen von

1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20 Plattenpaaren
13.7, 16.0, 17.3, 22.2, 29.4, 39.8, 49.5, 55.2, 63.7, 90° + x Ausschlag.

Man sieht, wie die Wirkungen mit der Zahl der Plattenpaare wachsen. Allerdings war deren absolute Stärke sehr klein. Zwar erfolgten Zuckungen eines unter Wasser befindlichen stromprüfenden Froschschenkels, wenn in der Nähe seines Nerven ein Zinkplatinplattenpaar rasch eingetaucht wurde, und sogar nach Abtrennnng des Nerven fuhren Zuckungen fort durch unmittelbare Reizung zu erscheinen. Aber auch vom leisesten subjectiv wahrnehmbaren Schlage war keine Rede [1]), und trotz der grossen Zahl der Säulenglieder bei den Zitterfischen, muss man, um deren ungeheure Wirkungen zu verstehen, doch immer eine sehr grosse elektromotorische Kraft ihrer Elementarketten voraussetzen [2]).

---

[1]) Eine Prüfung auf elektrischen Geschmack finde ich in meinem Tagebuch nicht angegeben.

[2]) Ich habe 1852 in London mit den Hrn. Faraday, Bence Jones und Anderen, Folgendes gesehen. Wir wollten erfahren, wie sich der Gymnotus der *Polytechnic Institution* gegen fremde elektrische Schläge verhalte, da er für seinen eigenen unempfindlich scheint. Auf der Bahn des Fisches, der ruhig den Wänden seines etwa 2m langen und 1m.5 breiten Troges entlang schwamm, wurde gleichsam ein Thor aus breiten Kupferplatten gebaut. Vielleicht weil er erblindet war, liess er sich dadurch in seinem gewohnten Kreise nicht stören. In dem Augenblick, wo

Digitized by Google

Dass Deluc von seiner unter Wasser versenkten Säule keine Wirkung erhielt, erklärt sich so, dass das Wasser zwischen das Silber und Zink der einzelnen Paare drang, daher auch die aus dem Wasser genommene und äusserlich abgetrocknete Säule unwirksam blieb [1]). Mit anderen Worten, Deluc's versenkte Säule war keine Säule mehr.

Es hat also nicht allein keine Schwierigkeit, zu begreifen, wie ohne Isolation die Summirung der Wirkungen geschehe, sondern die Schwierigkeit liegt eher auf der entgegengesetzten Seite. Nur wenn eine Säule aus verschwindend kleinen Elementen in einer Strömungscurve gebogen ist, gelingt es bereits jetzt, die Wirkung einer die Säule umgebenden isolirenden Hülle wirklich scharf zu bestimmen, und alsdann ist diese Wirkung Null, wie stets, wenn eine Strömungsfläche isolirend gemacht wird (vergl. oben S. 448). Für den Fall einer anderen Biegung ist zwar die Wirkung nicht Null, aber zu vernachlässigen, da das Eintauchen eines beliebig gebogenen Glasfadens in eine Flüssigkeitsmasse, in die zwei punktförmige Elektroden tauchen, die Strömung nicht merklich ändert. Für den Fall eines endlichen Querschnittes der Säule, wie auch sonst unter anderen als den obigen Annahmen, lässt sich der Unterschied, den die Hülle in der Ausbreitung des Stromes bewirkt, noch nicht angeben. Bestimmt

---

der Kopf des Fisches sich zwischen den Platten befand, entlud Hr. Faraday durch sie eine Leydner Batterie, oder ich machte die Platten zu Elektroden der secundären Rolle meines Magnetelektromotors. Allein obschon wir die Schläge allmählich bis zur grössten Stärke steigerten, welche die Vorrichtungen gerade zuliessen, gelang es uns nicht, den mächtigen Temblador aus seinem Gleichmuth zu bringen. Aus doppeltem Grunde kein Wunder; einmal weil unstreitig der Gymnotus mit dem Malapterurus die seitdem von mir an diesem entdeckte relative Immunität gegen elektrische Schläge theilt (S. diese Zeitschrift, 1858, Bd V, S. 132 ff.); für's zweite, weil sich ergab, dass wegen der Ausbreitung des Stromes in der bedeutenden Wassermasse auch ein Mensch, der die Hände zwischen den Kupferplatten hielt, von den Magnetelektromotorschlägen nichts empfand. Als aber, während ich diesen Versuch anstellte, dem an der anderen langen Seite des Troges befindlichen Gymnotus ein Frosch auf den Rücken gesetzt wurde, und der Gymnotus, das Lebendige spürend, nunmehr seine Batterieen entlud, erhielt ich einen Schlag bis in die Elbogen, der mir reichlich Anlass gab, über die grosse Ueberlegenheit der elektrischen Organe nachzudenken.

[1]) Ibidem p. 256.

Digitized by Google

lässt sich nur sagen, dass der von jeder elektromotorischen Fläche ausgehende Strom dabei schwächer wird, weil der Widerstand, den er zu überwinden hat, um den Widerstand der Säule wächst. Bei dem Bestreben aber, mittels der blossen Anschauung abzuleiten, dass die Summe dieser schwächeren Wirkungen auf einen äusseren Punkt grösser ausfalle als vorher, stösst man auf Bedenken, die kaum anders als durch die Rechnung zu beseitigen sein werden.

Auch der Versuch, in der beschriebenen Art angestellt, liess mich im Stich. Beim abwechselnden Eintauchen der Säule hinter einem Glasstreifen und ohne denselben, fielen die Wirkungen zu unregelmässig aus, um ihnen etwas sicheres zu entnehmen. Mit dem Eintauchen des Streifens, nachdem die Wirkung der Säule beständig geworden, war auch nichts anzufangen, da die Bewegung des Wassers die Polarisation störte [1]). Vielleicht hätte sich der Unterschied zwischen beiden Anordnungen deutlicher ausgeprägt, wenn die Wasserschichten zwischen den Plattenpaaren gar nicht um den Rand dieser herum mit einander in Verbindung gestanden hätten.

Da es am elektrischen Organ keine isolirende Hülle giebt; da, wie soeben gezeigt wurde, die Summirung der Elementarwirkungen auch ohne eine solche Hülle vor sich geht; und da, wie die Folge lehren wird, die wichtigsten in der Ausbreitung des Zitterfisch-Schlages bemerkten Eigenthümlichkeiten sich an nicht isolirten, unter Wasser getauchten Säulen gleichfalls nachweisen lassen, so wird in der Theorie dieses Schlages fortan von der Isolation abzusehen sein. Es folgt zugleich, dass man am elektrischen Organ genau genommen nicht in der Art von Polflächen reden kann, wie dies bisher geschehen ist, oder dass wenigstens dieser Ausdruck hier ebenso uneigentlich gebraucht wird, wie am Magnet [2]). Der strenge Begriff von Polflächen ist der zweier Flächen von verschiedenem, aber für eine jede constantem Potential, deren Umrisse durch eine Kraftfläche zusammenhängen. Eine untergetauchte, bis auf ihre letzte positive und negative Fläche isolirte Säule aus metallischen Plattenpaaren hat daher an diesen

---

1) Vergl. Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 212. Anm. 1.

2) Vergl. diese Zeitschrift, 1858, Bd. V. S. 128.

Digitized by

beiden Flächen wahre Polflächen, und die mantelförmige Grenze zwischen Wasser und isolirender Hülle ist die Kraft- oder, wie sie hier heisst, Strömungsfläche. Fällt die isolirende Hülle fort, und setzt man die Leitungsfähigkeit der Plattenpaare gleich der des Wassers, so hören nicht blos die früheren Polflächen auf, isoëlektrische Flächen zu sein, sondern auch der Mantel wird schräg von Strömungscurven geschnitten. In diesem Sinne passt auf die Art, wie im elektrischen Organ, im elektrotonisirten Nerven, in der den Neigungsstrom erzeugenden Grenzschicht am schrägen Muskelquerschnitt [1]), in innerlich polarisirten Leitern [2]) die Summirung der Elementarwirkungen geschieht, der in meinem „Abriss“ vorgeschlagene Name der unvollkommenen Säulenbildung [3]).

§. V. Nachahmung der Wirkungen zwischen verschiedenen Punkten der Länge des Zitteraals und Zitterwelses.

Hr. Faraday hat am Gymnotus gezeigt, 1. dass jeder Punkt des im Wasser befindlichen Fisches oder seiner nächsten Umgebung sich negativ verhält gegen jeden davor, und positiv gegen jeden dahinter am Fisch gelegenen; 2. dass die Wirkungen um so kräftiger sind, je weiter auseinandergelegene Punkte man berührt; 3. dass sie verschwinden, wenn die abgeleiteten Punkte symmetrisch zur Achse des Fisches liegen [4]). Ranzi [5]) und ich [6]) haben die nämlichen Gesetze am Zitterwelse nachgewiesen.

Ich habe entsprechende Erscheinungen an der unter Wasser befindlichen Säule aus 24 Platinzinkplattenpaaren erhalten. Sie wurde, auf eine Leiste gekittet, zuerst wieder längs der einen langen Seite des Troges symmetrisch eingetaucht. Doch befanden sich diesmal die

---

[1]) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv u. s. w. 1863. S. 589 ff.

[2]) Diese Zeitschrift, 1858. Bd. IV. S. 158.

[3]) A. a. O. S. 30. § 76

[4]) *Experimental Researches in Electricity. Reprinted etc. London 1844. vol. II. p. 6. 9— 11. No. 1764. 1773—1781.*

[5]) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv u. s. w. 1859. S. 209.

[6]) Diese Zeitschrift, 1858. Bd. V. S. 128. 129.

Digitized by Google

Ableitungsplatten nach dem Eintauchen ihr ganz nahe. Diese liessen zwischen sich einen beständigen Abstand von 25^{mm}. Welche Stellung ich ihnen auch längs der Säule gab, stets erfolgte beim Eintauchen ein Ausschlag in der Richtung, dass die dem Zinkende der Säule nähere Platte sich positiv gegen die andere verhielt (Bogen 2, 3, 4 Fig. I.).

Als die Ableitungsplatten der Mitte der Säule gegenüber standen, und ihr Abstand

1,·	2,	3,	4^{cm} betrug, erfolgten
31.5,	69.0,	$90 + x$,	$90 + X°$ Ausschlag

im Mittel aus zwei Versuchen. Die stärkste Wirkung trat ein, wenn die Ableitungsplatten eine Verlängerung der Säule vorstellten (Bogen 5). Die Wirkung wurde schon ansehnlich schwächer, wenn ich die Platten aus dieser Lage in ihrer Ebene um ihre Breite verschob (Bogen 6).

Wurde die Säule so versenkt, dass ihre Achse mit der des Troges und ihre Mitte mit dessen Mitte zusammenfiel, während die Ableitungsplatten ihr zur Seite standen, so war die Wirkung Null. Es machte keinen Unterschied, ob die eine Platte sich der Mitte der Säule näher befand, als die andere.

Diese Versuche zeigen, dass aus den darin nachgeahmten Erscheinungen für die im vorigen Paragraphen entwickelte Lehre kein Hinderniss erwächst. Bei grösserer Vollkommenheit einerseits der Versuche an den Zitterfischen selber, andererseits der schematischen Versuche und der Theorie böte sich so Gelegenheit zu einem neuen Beweise dafür, dass die Seiten des Organs nicht isolirt sind. Denn wenn ich mich auch irrte, als ich im „vorläufigen Abriss“ sagte, bei seitlich isolirtem Organ bliebe ein Theil der hier besprochenen Erscheinungen unerklärt [1]), so würde doch alsdann die Stärke des Zweigstromes eine andere Function der Stellung der Ableitungsplatten sein. An ein Vergleichen der Stärke des Zweigstromes bei verschiedener Stellung der Ableitungsplatten am lebenden Fisch mit der, die sie gemäss der Theorie und dem schematischen Versuch bei isolirtem und bei nicht isolirtem Organ sein sollte, ist aber um so weniger zu

1) A. a. O. S. 27. §. 70.

Digitized by Google

denken, als schwerlich alle Querschnitte des Organs gleiche elektromotorische Kraft haben. Hr. de la Rive giebt zwar an, dass der Schlag des Zitteraals, wenn seine ganze Länge in den Kreis des Multiplicators eingeschaltet ist, genau doppelt so stark ausfalle, als wenn nur die vordere oder hintere Hälfte sich darin befinde [1]), doch ist dies wohl nur eine Ausdrucksweise dafür, dass keine augenfällige Abweichung von dem angegebenen Verhältniss bemerkt wurde. Beim Zitterwels übertrifft, wie ich zeigte [2]), die vordere Hälfte des Organs die hintere sehr beträchtlich an Wirksamkeit, ein Umstand, auf den ich anderswo zurückzukommen gedenke.

§. VI. Erklärung und Nachahmung der Colladon'schen Ströme am Zitterrochen.

Colladon'sche Ströme nenne ich die von diesem Forscher am Zitterrochen zwischen asymmetrischen Punkten des Rückens und Bauches 1831 entdeckten Ströme. Keinen Strom erhält man nach Hrn. Colladon nur, wenn man symmetrische Punkte einer jener Flächen berührt. Jeder den Organen nähere Punkt verhalte sich am Rücken positiv, am Bauche negativ gegen jeden entfernteren [3]).

Hr. Matteucci, der kurz zuvor das Dasein solcher Ströme ausdrücklich geläugnet hatte [4]), berichtete das Jahr darauf, jedoch ohne sich auf Hrn. Colladon zu beziehen, dass die Punkte des Organs über den Eintrittsstellen der Nerven am Rücken positiv, am Bauche negativ gegen die übrigen seien [5]). Vermuthlich schwebte ihm bei dieser Auffassung der Colladon'schen Ströme jene falsche, von Galvani [6]) und Ritter [7]) ausgegangene, von Hrn. Becquerel d. V.

---

[1]) *Archives de l'Électricité. 1845. t. V. p. 505; — Traité de l'Électricité théorique et appliquée etc. t. III. Paris 1858. p. 76.*

[2]) Diese Zeitschrift, 1858, Bd. V. S. 129.

[3]) S. an den oben S. 442. 443 angeführten Stellen.

[4]) *Comptes rendus etc. 11 Juillet 1836. t. III. p. 49.*

[5]) *Comptes rendus etc. 2 Octobre 1837. t. V. p. 502.*

[6]) *Memorie sulla Elettricità animale ec. al celebre Abate Lazzaro Spallanzani ec. Bologna 1797. 4. p. 66. 67.*

[7]) Beiträge zur nähern Kenntniss des Galvanismus u. s. w. Bd. II. St. 3. 4. 1805 S. 243. Anm.

Digitized by Google

wieder aufgenommene [1]) Theorie vor, die er sich damals angeeignet hatte, dass die Elektricität der Zitterfische ihrem Gehirn entspringe [2]); da sonst nicht zu verstehen ist, wie den Eintrittsstellen der Nerven eine besondere Bedeutung in elektromotorischer Hinsicht zukommen sollte.

Auch Hr. Zantedeschi scheint von der nämlichen Meinung beherrscht gewesen zu sein, denn er bezeichnet die dem Gehirne nächsten Punkte des Rückens und Bauches beziehlich als die positivsten und negativsten [3]).

Es genügt indess, einen senkrecht auf die Medianebene durch die Organe des Zitterrochen geführten Schnitt zu betrachten, um sogleich den Gedanken zu fassen, den ich in meinem „vorläufigen Abriss" aussprach, dass Hrn. Matteucci's Wahrnehmung auf der verschiedenen Höhe der Säulen beruhe, aus denen die Organe zusammengesetzt sind [4]). Das positive Ende einer höheren, d. h. aus mehr Gliedern bestehenden Säule verhält sich positiv, das negative negativ gegen das gleichnamige Ende einer minder hohen Säule. Da nun die Säulen des Zitterrochen vom inneren Rande des Organs, wo

---

[1]) *Traité expérimental de l'Électricité et du Magnétisme. t. IV. Paris 1836. p. 289. 290.*

[2]) *Comptes rendus etc. 3 Octobre 1836. t. III. p. 430; — Ibid., 2 Octobre 1837. t. V. p. 501; — Annales de Chimie et de Physique. Décembre 1837. t. LXVI. p. 426. 427; — Bibliothèque universelle etc. Nouvelle Série. Novembre 1837. t. XVII. p. 378.* An den beiden letzten Stellen sagt Hr. Matteucci wörtlich: *„L'élément „nécessaire à la décharge électrique de la torpille . . . est produit par le dernier „lobe du cerveau, et transmis par les nerfs dans la substance de l'organe . . . . Ce „n'est pas dans l'organe et par l'organe que cet élément est préparé . . . Cet élément, „que je regarde comme analogue au courant électrique, et comme le courant électrique „lui-même, a besoin, pour fonctionner, d'une disposition moléculaire dans les „nerfs etc."* — Joh. Müller hat diese Lehre des Hrn. Matteucci widerlegt im Handbuch der Physiologie u. s. w. Bd. I. 3. Aufl. 1838. S. 69. Neuerdings hat Hr. Armand Moreau Versuche zu demselben Zweck beschrieben *(Annales des Sciences naturelles, 4e Série, 1862. t. XVIII, p. 6).* Darauf erwiederte Hr. Matteucci (den doch Hr. Moreau gar nicht einmal genannt hatte): *„Je sens la nécessité de „rétablir la vérité historique . . . . „Jamais ni moi, ni aucun autre, n'a dit que „l'électricité se produit dans le cerveau" (Archives des Sciences physiques et naturelles. Nouvelle Série. t. XV. 1862. p. 41).*

[3]) *Comptes rendus etc. 28 Mars 1842. t. XIV. p. 488; — 30 Mai p. 839.*

[4]) A. a. O. S. 27. §. 71.

Digitized by Google

die Nerven eintreten, nach dem Umfange der Scheibe hin um etwa die Hälfte niedriger werden, so folgt nothwendig das in Rede stehende Verhalten.

Hr. Matteucci hat denn auch seitdem, jedoch ohne sich auf mich zu beziehen, seine Ausdrucksweise in Betreff dieses Gegenstandes allmählich abgeändert. Zuerst heisst es nur, der Strom sei stets von dem der Medianlinie näheren Punkte zu dem davon entfernteren gerichtet [1]), wobei nicht bemerkt wird, dass dies nur am Rücken gilt, und dass am Bauche das Verhalten umgekehrt ist. In späteren Schriften aber lässt Hr. Matteucci den Strom am Rücken von den dickeren zu den dünneren Stellen gehen [2]). An den dickeren Stellen ist übrigens nach ihm der Strom zwischen den beiden Flächen stärker als an den dünneren [3]).

Ich meinestheils habe mich von der Richtigkeit meines Schlusses seitdem durch den Versuch überzeugt. Auf ein Brettchen kittete ich nebeneinander vier Säulen von abnehmender Höhe, wie Fig. II. zeigt Die Zahl der Glieder in den vier Säulen war 10, 7, 5 und 2; zwischen den Säulen blieb $2^{mm}.5$ Abstand. Diese Vorrichtung, in Wasser getaucht, entsprach also im Wesentlichen einer durch zwei parallele, senkrecht auf die Medianebene geführte Schnitte begrenzten Scheibe aus dem einen Organ des Zitterrochen. Befanden sich die Ableitungsplatten zu beiden Seiten der Vorrichtung, so verhielt sich die an der Zink- oder Rückenfläche *R* positiv gegen die an der Platin- oder Bauchfläche *B* (Bogen 1 in der Figur). Der Strom war stärker, wenn die Platten die hohen, als wenn sie die niedrigen Säulen zwischen sich hatten. Befanden sich die Platten auf einer Seite des künstlichen Organs, so war die den höheren Säulen nähere die positive oder negative, je nachdem es sich um Rücken oder Bauch handelte

---

[1]) *Leçons sur les Phénomènes physiques des Corps vivants. Paris 1847. p. 194*

[2]) *Lezioni di Elettro-Fisiologia. Corso dato nell' Università di Pisa nell anno 1856. Torino 1856. p. 7.*

[3]) *Comptes rendus etc. 17 Août 1846. t. XXIII. p. 357. 358. — Archives des Sciences physiques et naturelles. 1846. t. II. p. 401. — Annales de Chimie et de Physique. 1847. 3e Sér. t. XXI. p. 167; — Philosophical Transactions etc. For the Year 1847. P. II. p. 240; — Corso di Elettro-Fisiologia in sei Lezioni date in Torino ec. Torino 1861. p. 118.*

Digitized by Google

(Bogen 2, 3). Zwar unterscheidet sich unsere Anordnung von der natürlichen am Zitterrochen insofern, als der Fisch sich an der Luft befand, doch kann dies von keinem Einfluss auf das Ergebniss sein. Und damit scheint die Angelegenheit erledigt; allein die folgenden Versuche lehren, dass wir ihr noch nicht ganz auf den Grund gegangen sind.

In einen mit Brunnenwasser gefüllten Trog von angemessener Grösse tauchte ich ein zusammengelöthetes Zinkkupferplattenpaar in Gestalt eines Rechteckes von 210^{mm} Länge und 30^{mm} Breite den verschiedentlich aufgestellten Ableitungsplatten gegenüber ein, wie es bisher mit den zu Säulen verbundenen quadratischen Zinkplatinplattenpaaren geschah Standen die Ableitungsplatten zu beiden Seiten des Erregerpaares, so verhielt sich natürlich die am Zink positiv gegen die am Kupfer (Bogen 1 Figur III.). Standen die Platten gegenüber der nämlichen Seite, so blieb das Eintauchen wirkungslos nur, wenn die Platten sich symmetrisch zur Mitte befanden (Bogen 0). Im anderen Falle verhielt sich am Zink die der Mitte, am Kupfer die dem Ende oder der Zinkkupfergrenze $g_{,,}$ g' nähere Platte positiv gegen die andere (Bogen 2, 3), und der Strom war um so stärker, je grösser der Abstand der Ableitungsplatten. und je näher, bei gleichem Abstande, die Platten sich der Grenze befanden. Den stärksten Strom der Art lieferte die Verbindung eines Punktes gegenüber der Mitte mit einem solchen in der Nähe der Grenze; die Stromstärke wuchs noch, wenn die Ableitungsplatten das Erregerpaar zwischen sich nahmen. Mit anderen Worten, die Ströme vor dem Zink befolgten im Wesentlichen dasselbe Gesetz, wie die schwachen Ströme des Muskel-Längsschnittes, die vor dem Kupfer dasselbe wie die schwachen Ströme des Querschnittes. Diese Ergebnisse sind nicht neu; ich habe sie schon in meinem Werke in der Untersuchung über die „flachen Erregerpaare“ beschrieben, von denen die gegenwärtige Anordnung in der That nur ein besonderer Fall ist. Ausser der Theorie der Erscheinung im Allgemeinen findet man dort den Grund eines sehr auffallenden Umstandes, der bei diesen Versuchen hervortritt, uns aber hier nichts angeht, der grösseren Stärke nämlich, welche die Ströme vor dem Kupfer im Vergleich zu denen vor dem Zink zeigen [1]).

[1]) A. a. O. Bd. I. S. 596–618.

Digitized by Google

Ersetzt man das lange Erregerpaar durch eine Reihe kürzerer, welche in derselben Ebene befindlich, Lücken zwischen sich lassen, z. B. durch eine Anzahl der vorher angewendeten Zinkplatinplattenpaare, so bleibt im Wesentlichen die Wirkung unverändert. Man kann auch, noch immer mit dem gleichen Erfolge, Säulen an Stelle der einzelnen kürzeren Erregerpaare setzen. Die 24 Zinkplatinplattenpaare brachte ich in sechs nebeneinander befindlichen viergliederigen Säulen so an, dass die entsprechenden Platten der sechs Säulen in denselben Ebenen lagen, und die Enden der Säulen eine gemeinschaftliche Zink- und Platinfront darboten (s. Fig. IV., wo aber nur 16 Plattenpaare abgebildet sind). Der Abstand der Säulen von einander betrug wieder $2^{mm}.5$. Es zeigte sich, bei derselben Versuchsweise wie vorher, ein Strom vor der Zinkfront von der Mitte zu den Enden, vor der Platinfront von den Enden zur Mitte, und nur bei symmetrischer Stellung der Ableitungsplatten war vor beiden Fronten der Strom Null.

Der Strom entsteht hier ähnlich wie, nach der Molecularhypothese, die schwachen Ströme am Längs- und Querschnitt des Muskels. Man denke sich jedes der nebeneinander in Einer Flucht aufgestellten Plattenpaare, beziehlich jede Säule von einem rechteckig prismatischen Hof feuchten Leiters symmetrisch umgeben, wie die punktirten Linien in Fig. IV. es andeuten. Alsdann stossen, beim Zusammenfügen der Prismen, Curven von gleichem Potential aufeinander, und es entsteht kein gemeinsamer Strom vor der Front der Anordnung. Ableitungsplatten, dieser Front parallel davor aufgestellt, deren Breite die der einzelnen Plattenpaare vielmals überträfe, würden sich in jeder Stellung gleichartig verhalten. Wenn aber, wie in unserer Vorrichtung, der feuchte Leiter sich über die beiden Enden der Front hinaus erstreckt, so entsteht vor der Front ein Gesammtstrom, von dem durch die Ableitungsplatten ein Zweig in den sie verbindenden Bogen übergeht [1]).

Die letztbeschriebene Vorrichtung kann für das Schema eines Zitterrochen-Organs gelten, in welchem alle Säulen gleich hoch wären. Es würden also auch bei gleicher Höhe der Säulen in einem solchen

---

1) Vergl. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv u. s. w. 1863. S. 581 ff.

Digitized by Google

Organ Ströme zwischen verschiedenen Punkten seiner Rücken- und Bauchfläche stattfinden. Nennen wir den positivsten und negativsten Punkt dieser Flächen die Pole des Organs, so müssten diese Pole nicht am inneren Rande, sondern in der Mitte der betreffenden Flächen liegen. Dass sie in Wirklichkeit medianwärts verschoben sind, erklärt sich aus der nach dorthin zunehmenden Höhe der Säulen. Doch wird sich zeigen, dass dies nicht die einzige in diesem Sinne wirksame Ursache ist. Wir haben jetzt nämlich noch zu untersuchen, wie etwa diese Ströme durch das Zusammenwirken der beiden Organe verändert werden.

Hierzu vertheilte ich die 24 Plattenpaare in zwei Gruppen, deren jede ein aus gleich hohen Säulen bestehendes Organ vorstellte. Jede Gruppe bestand aus zwei sechsgliederigen Säulen, zwischen denen wieder $2.^{mm}5$ Zwischenraum blieb. S. Fig. V., wo indess die Zahl der Glieder kleiner ist. Die beiden Gruppen liessen zwischen sich eine Lücke von veränderlicher Breite. So lange die Lücke ein gewisses Maass nicht überschritt, brachte sie keinen Unterschied in der Wirkung hervor. War sie breiter, z. B. wie in der Figur so breit wie die Gruppen selber, so nahm das Stromsystem eine scheinbar sehr verschiedene und verwickelte Beschaffenheit an. Jetzt verhielt sich die Mitte jedes Organs (um mich kurz so auszudrücken) positiv nicht allein gegen die nach aussen gelegenen Punkte, sondern auch gegen alle Punkte zwischen ihr und der Mitte des anderen Organs, am stärksten gegen die Medianebene; positiv ferner gegen die jenseits der Mitte des anderen Organs gelegenen Punkte. Punkte in der Umgebung der Medianebene verhielten sich negativ gegen Punkte in der Nähe des äusseren Randes jedes Organs. Ertheilte ich der einen Ableitungsplatte eine Stellung a in der Nähe des äusseren Randes des einen Organs A, so fanden sich für die andere Platte drei Stellungen, wo der Strom verschwand, nämlich ausser der auf dem anderen Organ B der ersteren symmetrischen a', noch zwei symmetrisch zur Medianebene zwischen der Mitte eines jeden Organs und dessen innerem Rande gelegene a'', a'''; so dass es im Ganzen sechs Stellungen der Platten vor der gemeinschaftlichen Front der beiden Organe gab, in denen kein Strom erfolgte. Innerhalb gewisser Grenzen gelingen

Digitized by Google

diese Wahrnehmungen bei um so kleinerer Breite der Lücke, je weniger Glieder die Säulen enthalten.

Sie erklären sich einfach, wenn man die Vertheilung der Spannungen (Potentialwerthe) vor der Fläche eines unserer Plattenpaare berücksichtigt. Tragen wir die Spannungen als Ordinaten auf eine der Ebene des Plattenpaares parallele Gerade *aa'* auf, welche die Punkte enthält, um die es sich handelt, so kann die entsprechende Curve nicht viel anders aussehen, als die ausgezogene Curve *ss'* in Fig. VI., wo die punktirten Curven die Curven gleichen Potentials sind, *m* die Mitte des Plattenpaares, *g* die Zinkkupfergrenze vorstellt. Bei Verbindung zweier Punkte der Abcissenachse durch einen Bogen geht der Strom im Bogen von dem Punkt, dem die grössere, zu dem, welchem die kleinere Ordinate entspricht, und der Unterschied der Ordinaten misst bei gleichem Widerstande die Stärke des Stromes. In Fig. V. ist die ausgezogene Curve die Resultirende aus den punktirten Curven der vier Säulen. Wie hieraus die obigen Ergebnisse fliessen, bedarf nicht der Ausführung.

Man erkennt zugleich, dass durch das Zusammenwirken der beiden Organe der Pol eines jeden Organes etwas medianwärts rücken muss, um so weniger freilich, je breiter die Lücke. Im Versuch war dies auch bei schmaler Lücke schwer nachzuweisen, weil überhaupt in Folge ungleicher Wirksamkeit der verschiedenen Plattenpaare die Lage der Pole schwankte; am Zitterrochen aber ist die Lücke zwischen den Organen, wie in Fig. V., so breit wie jedes Organ, daher der Einfluss, den das Zusammenwirken der Organe auf die Lage der Pole übt, nicht gross sein mag.

Die Colladon'schen Ströme zwischen verschiedenen Punkten des Rückens und Bauches des Zitterrochen sind damit, soweit die Beobachtung reicht, vollkommen erklärt, ja auf einen doppelten Grund zurückgeführt. Wir sind aber sogar im Stande, mit grosser Bestimmtheit zu behaupten, dass die Beobachtung selber noch lückenhaft ist. Es lässt sich vorhersagen, dass man mit hinreichend feinen Mitteln Ströme am Rücken vom inneren Rande der Organe nach der Medianebene, am Bauch im entgegengesetzten Sinne finden wird. Genau

Digitized by Google

genommen ist das Dasein dieser Ströme in der von Hrn. Colladon, und in der ersten von Hrn. Matteucci gegebenen Bestimmung (S. oben S. 458) bereits angedeutet. Denn wenn in der ersten die dem Organ näheren Punkte am Rücken positiv, am Bauch negativ gegen die davon entfernteren heissen, und wenn nach der zweiten die Stellen über und unter dem Nerveneintritt die Pole sind, so müssen in beiden Fällen folgerichtig die Punkte der Medianebene sich am Rücken negativ, am Bauch positiv gegen den inneren Rand der Organe verhalten. In Hrn. Matteucci's späteren Aussagen (S. oben S. 460) werden alle der Medianebene näheren Punkte als positiv gegen alle davon entfernteren bezeichnet, was ebenso mit seiner früheren Angabe, wie mit der Theorie im Widerspruch steht, und somit schliesslich zur erneuten Prüfung des Sachverhaltes am Zitterrochen selber auffordert.

§. VII. Nachahmung des *Experimentum crucis* des Hrn. Matteucci am Zitterrochen, und Widerlegung des von ihm daraus gezogenen Schlusses.

Hr. Matteucci spaltete das eine Organ eines lebenden Zitterrochen senkrecht auf die Achse der Säulen, und brachte in den Spalt eine Glasplatte, so dass die beiden Abschnitte des Organs dadurch von einander getrennt wurden. Gleichviel wie er nun die beiden natürlichen Flächen am Rücken und Bauch und die beiden künstlichen Flächen mit dem Multiplicator verband, stets erhielt er beim Schlage den Strom in der gewöhnlichen Richtung, nämlich so, dass die dem Rücken nähere Platte sich positiv gegen die dem Bauche nähere verhielt. Dabei erhellt nicht klar, ob das Organ in seiner ganzen Ausdehnung in eine obere und in eine untere Hälfte getrennt, oder ob nur ein seitlicher Einschnitt daran angebracht war. Doch ist aus mehreren Gründen das letztere wahrscheinlich.

Auf Grund dieses Versuches behauptete Hr. Matteucci die Unmöglichkeit eines Vergleiches zwischen der Säule und dem elektrischen Organ; „denn", sagt er, „wo man auch eine Säule unterbreche, „erzeugt man zwei neue Pole: das mit dem positiven Pol verbundene „Ende wird ein negativer, das mit dem negativen Pol verbundene ein

Digitized by Google

„positiver Pol“ [1]), wovon hier das Gegentheil eintreffe. Erst nachdem ich im Jahre 1843 die entgegengesetzte Ansicht ausgesprochen, und in Bezug auf jenen Versuch ohne weitere Erläuterung bemerkt hatte, „er enthalte nichts, was nicht nach der hier gegebenen Theorie der „Fall sein müsste“ [2]), erklärte auch Hr. Matteucci, dass das Organ einer Säule zu vergleichen sei [3]); ohne sich auf mich zu beziehen, und ohne zu sagen, wie er denn jetzt über die aus seinem Versuch erwachsenden Schwierigkeiten hinwegkomme.

Diese angeblichen Schwierigkeiten will ich jetzt heben. Es versteht sich, dass hier nur die Rede sein kann von der Verbindung der oberen mit der unteren künstlichen Fläche. Dass die obere und untere Hälfte des Organs noch im richtigen Sinne schlugen, kann nicht Wunder nehmen, und dass zwischen dem Rücken und Bauch, dem Rücken und der unteren künstlichen Fläche, endlich dem Bauch und der oberen künstlichen Fläche der Schlag richtig erfolgte, versteht sich ebenso von selbst. Sodann ist, wie ich schon im „vorläufigen Abriss“ bemerkte, vorauszusetzen, dass Hr. Matteucci, wie er es bei solchen Versuchen zu thun pflegte, das andere Organ mittels Durchschneidung seiner Nerven gelähmt hatte. Sonst hätte er zwischen den beiden künstlichen Flächen den Schlag dieses Organes gehabt.

Um die Verhältnisse, welche hier in Betracht kommen, sicherer zu übersehen, ist es nöthig, dass wir uns zuerst mit dem Fall einer unterbrochenen Säule beschäftigen. Trennt man zwei Plattenpaare einer untergetauchten Säule durch eine Lücke, und bringt man in diese Lücke die Ableitungsplatten, so erhält man stets einen Strom in der Richtung des Stromes in der Säule selber, d. h. die an das Zink der Lücke grenzende Platte verhält sich positiv gegen die dem Platin benachbarte (S. Fig. VII.). Der Strom ist am stärksten, wenn die Lücke sich in der Mitte der Säule befindet, er wird am schwächsten

---

1) *Archives de l'Électricité. 1841. t. I. p. 573; — 1843. t. III. p. 157. 158.*

2) A. a. O. S. 29. §. 72.

3) *Comptes rendus etc. 8 Septembre 1845. t. XXI. p. 576. 577; — Archives de l'Électricité. 1845. t. V. p. 494; — Annales de Chimie et de Physique. 1847. 3e Série. t. XXI. p. 164.*

Digitized by Google

jenseits der beiden äussersten Plattenpaare, wie folgende Versuche mit einer neungliederigen Säule lehren, wobei die Ableitungsplatten 30mm von einander entfernt waren.

| | | |

mindert, kann man natürlich stets der ersteren die Oberhand verschaffen, d. h. nach Belieben den von Hrn. Matteucci beschriebenen oder den entgegengesetzten Erfolg beobachten. Zwischen diesen beiden äussersten Fällen liegt ein mittlerer, worin man bald die eine, bald die andere Wirkung vorwiegen sieht. Auffallend war dabei in meinen Versuchen, dass die beiden einander bekämpfenden Ströme, der der zusammenhängenden und der der unterbrochenen Säule, einen verschiedenen zeitlichen Verlauf hatten, und zwar sank der Strom der unterbrochenen Säule rascher als der der zusammenhängenden. Dies sprach sich darin aus, dass, wenn beide Ströme der Gleichheit nahe waren, erst ein Ausschlag im Sinne der unterbrochenen Säule geschah, welchem auf dem Fuss einer im Sinne der zusammenhängenden folgte. Der Grund dieser Erscheinung ist mir nicht deutlich; da sie aber zweifellos auf der Polarisation beruhte, so ist sie für unseren gegenwärtigen Zweck gleichgültig.

Am Zitterrochen giebt es zwei Umstände, wodurch der zusammenhängenden Säule, d. h. dem noch ungetrennten Theile des Organs, die Ueberlegenheit über die unterbrochene Säule, d. h. dessen gespaltenen Theil gesichert wird. Erstens liegt es in der Natur der Dinge, dass letzterer durch die Spaltung selber in seiner Wirksamkeit beeinträchtigt ist. Zweitens gehört er nothwendig dem Rande des Organs an, so dass seine Elemente nicht allein weniger wirksam, sondern auch minder zahlreich sind, als die des anderen Theils.

Um nichts unversucht zu lassen, stellte ich noch eine Anordnung her, welche den natürlichen Verhältnissen etwas näher kam, als die zuletzt beschriebene. Wie bei den Versuchen über die Colladon'schen Ströme wurden vier Säulen von abnehmender Höhe, nämlich folgweise von 9, 7, 5 und 3 Gliedern, nebeneinander aufgestellt. Die beiden letzten Säulen waren durch eine sich seitlich in sie hinein erstreckende Lücke unterbrochen, in der sich, durch eine Glasplatte getrennt, die Ableitungsplatten befanden (Fig. IX). Stets flog beim Eintauchen der Säule die Nadel an die Hemmung im Sinne der zusammenhängenden und gliederreicheren Säulen. Wurden diese weggebrochen, so trat die schwächere und verkehrte Wirkung der unterbrochenen Säulen hervor.

Digitized by Google

Durch diese Versuche ist meine Behauptung im „vorläufigen Abriss", Hrn. Matteucci's vermeintliches *Experimentum crucis* folge aus meiner Theorie, gewiss völlig gerechtfertigt.

§. VIII. Vom Schlage des gekrümmten Gymnotus.

Hr. Faraday hat einmal beobachtet, dass der Gymnotus, um einen Fisch zu erschlagen, sich in einer Spirale darum krümmte, von der der Fisch einen Durchmesser einnahm. Hr. Faraday fügt hinzu, es habe in diesem Falle durchaus den Anschein gehabt, „als ob das „Herumwinden des Zitteraales um seine Beute absichtlich geschehe, „um den Schlag zu verstärken. In der That ist dies Verfahren, mit „Hinblick auf die wohlbekannten Gesetze der Entladung von Strömen „in Massen leitender Materie, zur Erfüllung dieses Zweckes ganz vor„trefflich geeignet, und obschon der Fisch diesen Kunstgriff nicht „jederzeit in Anwendung bringen mag, so ist es doch sehr wahr„scheinlich, dass er sich des dadurch erlangten Vortheils bewusst ist, „und im Fall der Noth seine Zuflucht zu ihm nimmt" [1]).

Wenn der Gymnotus einen Kreis um sein Opfer schliesst, so hat dies möglicherweise nur zum Zweck es am Entweichen zu verhindern; vielleicht aber auch, wie Hr. Faraday zu glauben geneigt ist, die Wirkung auf das Opfer zu verstärken. Um die letztere Meinung zu stützen, müsste man zunächst zeigen, dass wirklich durch die beschriebene Anordnung die Wirkung verstärkt werde, was nicht so in die Augen springt, und auch nicht so unbedingt der Fall ist, wie Hr. Faraday will.

Von einer spiraligen Krümmung des Gymnotus wird dabei abzusehen sein; da die Länge der Organe nur etwa 0.8 von der des Fisches beträgt, so entsteht der Anschein einer spiraligen Krümmung, sobald der Fisch die Enden des Organs einander nähert.

Die Wirkung des gekrümmten Gymnotus lässt sich vorläufig mit Schärfe angeben, nur wenn man den Querschnitt des Organs, nebst allen Leitungsunterschieden und der Induction vernachlässigt, und das

---

[1]) L. c., p. 13. No. 1785.

Digitized by Google

leitende Mittel als unbegrenzt annimmt. Alsdann wird der Fisch seine Wirkung auf einen äusseren Punkt allerdings dadurch verstärken, dass er die Enden des Organs einander nähert, aber das Opfer muss sich nicht in einem Durchmesser der Curve befinden, sondern in der ihre Enden verbindenden Geraden, und wenn man sich einen auf diese Gerade oder deren Verlängerung senkrechten Kreis denkt, durch dessen Mittelpunkt die Gerade geht, so werden alle Punkte dieses Kreises eine gleich starke Wirkung erfahren, d. h. ein Punkt im Inneren des vom Fisch gebildeten Ringes wird nicht stärker getroffen, als ein symmetrisch zur Verbindungslinie der Pole ausserhalb gelegener Punkt.

Bei endlichem Querschnitt kann man sich das Organ der Länge nach in unendlich viele unendlich dünne Fäden zerlegt denken, auf deren jeden die obige Schlussfolge passt. Da auf der concaven Seite des Ringes der Abstand der Endflächen des Organs kleiner ist als auf der convexen, wird allerdings dort der Strom etwas dichter sein als hier, und ein innerer Punkt wird einer etwas stärkeren Wirkung unterliegen als ein symmetrischer äusserer Punkt. Doch sieht man nicht, wie ein Durchmesser des Ringes der Sitz einer besonders starken Wirkung sein sollte. Um mir eine Anschauung des hier stattfindenden Strömungscurvensystems zu verschaffen (S. oben S. 449. 450), liess ich einen weichen Eisenstab von 19^{mm} Durchmesser so biegen, dass seine Achse einen Kreis von 83^{mm} bildete, der in einem Stück von 17^{mm}.5 offen blieb. Den Stab bewickelte ich mit 400 Windungen eines 0^{mm}.75 dicken Kupferdrahtes, und elektromagnetisirte ihn mittels einer zweigliederigen Grove'schen Säule. In die Ebene seiner Achse brachte ich wagerecht einen Bogen Kartenpappe, worin die Figur des Magnetes ausgeschnitten war, und bestreute den Bogen mit Eisenfeilicht. Der lehrreiche Anblick der sich ausprägenden Magnetkraftlinien bestätigte die obige Meinung. Die Sache läuft also wohl darauf hinaus, dass der Gymnotus das Opfer zwischen die einander genäherten Enden seines Organs zu bringen sucht, dass er aber, da ihm dies begreiflich nicht sicher gelingt, die Stellung des Opfers innerhalb der ausserhalb des Ringes vorzieht, nicht weil der Durchmesser des Ringes eine besondere Rolle spielt, sondern weil er so des Opfers gewisser ist.

Digitized by Google

Bei seitlich isolirtem Organ würde allerdings das Innere des Ringes mehr vor dem Aeusseren bevorzugt sein, insofern der Körper des Fisches als isolirender Schirm die Strömung auf der concaven Seite des Ringes vor der Ausbreitung in den jenseitigen Raum schützte. Doch kann dies keinen Grund abgeben, eine isolirende Hülle um das Organ anzunehmen.

Ich habe auch versucht, die Zunahme der Wirkung untergetauchter Säulen auf einen stromprüfenden Froschschenkel durch Biegen der Säulen zum Kreise nachzuahmen. Es gelang aber nicht, eine krümmbare Säule herzustellen, und beim Vergleichen der Wirkungen einer gekrümmten und einer geraden Säule aus gleich viel Gliedern kamen so viel Zufälligkeiten in's Spiel, dass damit auch nichts anzufangen war.

§. IX. Nachahmung des Versuches von Humboldt's und Gay-Lussac's.

Von Humboldt und Gay-Lussac haben gezeigt, dass man einen Zitterrochen ungestraft zwischen zwei metallischen Schüsseln halten könne, vorausgesetzt, die Schüsseln berühren einander irgendwo am Rande [1]). Es ist leicht, einen entsprechenden Versuch an den untergetauchten Säulen anzustellen. In der That reicht es aus, um jede Wirkung der Säule nach aussen abzuschneiden, diese mit einem auf die hohe Kante gestellten, zu einer geschlossenen Curve gebogenen Blechstreifen zu umgeben.

§. X. Teleologische Betrachtungen über die Schuppenlosigkeit der elektrischen Fische und über die Gestalt der verschiedenen elektrischen Organe.

Der zuletzt beschriebene Versuch war ursprünglich zur Erläuterung der von mir in meinem „vorläufigen Abriss“ [2]) geäusserten Vermuthung bestimmt, die sämmtlichen bisher bekannt gewordenen Zitterfische möchten, teleologisch gesprochen, deshalb schuppenlos sein, weil die Schuppen zu gut geleitet hätten. Jetzt, wo wir Grund haben, an-

[1]) Gilbert's Annalen u. s. w. 1806. Bd. XXII. S. 8.

[2]) A. a. O. S. 29. §. 73.

Digitized by Google

zunehmen, dass die Knochenkerne der Schuppen jedenfalls nicht besser, eher schlechter leiten, als andere thierische Gewebe, kann von jener Vermuthung nicht mehr die Rede sein [1]). Man könnte umgekehrt eher glauben, dass die Schuppen durch ihren Widerstand geschadet hätten. Es lässt sich aber ausserdem noch sagen, dass Fische, mit einer Schutz- und Angriffswaffe gleich dem elektrischen Organ versehen, keines Schuppenpanzers bedurften. Vielleicht wäre auch dadurch die Reizbarkeit der Haut, welche bei den elektromotorischen Fischen sehr gross ist und durch Reflex zu ihrem elektromotorischen Vermögen in Beziehung steht, beeinträchtigt worden.

Erinnert man sich, dass der Zitteraal und Zitterwels Süsswasserfische sind, die Torpedineen dagegen die See bewohnen, deren Wasser, nach einer freilich unzulänglichen Bestimmung von Cavendish [2]) und Marianini [3]) 100mal besser leitet, als destillirtes Wasser: so ist es unmöglich, nicht mit diesem Umstand den so ausgesprochenen Unterschied zwischen den Organen der beiden ersteren, und denen der letzteren Fische in Verbindung zu bringen. Der Zitterwels und Zitteraal besitzen ein langgestrecktes Organ, von vergleichsweise kleinem Querschnitt, die Torpedineen nur ein kurzes, von vergleichsweise sehr grossem Querschnitt. Die grössere elektromotorische Kraft wenigstens des Zitteraales, im Vergleich zum Zitterrochen, ist dabei ausser Frage. Dies ist aber gerade die Einrichtung, die als die zweckmässigste erscheint mit Rücksicht darauf, dass der Strom der ersteren Fische einen grossen, der der letzteren einen kleinen ausserwesentlichen Widerstand zu überwinden hat [4]).

Diese Skizze, zu deren Ausführung es mir, wie gesagt, inmitten wichtigerer Angelegenheiten an Musse gebricht, reicht, wenn ich

---

[1]) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. 1860. S. 190.

[2]) *Philosophical Transactions etc. For the Year 1776. p. I. p. 198.*

[3]) *Annales de Chimie et de Physique. 1826. t. XXXIII. p. 152;* — Schweigger's Jahrbuch der Chemie und Physik. Bd. XIX. 1827. S. 298; — Fechner's Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie. Leipzig 1829. S. 236. Anm. 1.

[4]) Hr. de la Rive hat schon versucht, zwischen dem Bau des Organs bei Gymnotus und bei Torpedo, und der verschiedenen Leitungsgüte des See- und süssen Wassers, eine Beziehung aufzudecken. Dem Gymnotus schreibt er 96 Säulen von

Digitized by Google

nicht irre, doch bereits aus, um die Natur der hier zu lösenden Aufgaben und die dazu führenden Wege zu zeigen, und um so die Grundlinien eines interessanten Kapitels der Elektrophysiologie festzustellen.

4000 Gliedern und 50 Quadratmillimetern Querschnitt, dem Zitterrochen 940 Säulen von 2000 Gliedern und nur 7 Quadratmillimetern Querschnitt zu. Er sagt dann: „*La surface proportionellement plus grande et le nombre plus petit de diaphragmes „électriques dans le gymnote, comparativement à la torpille, ne proviendraient-ils pas „de la différence des deux milieux dans lesquels ils sont appelés à vivre, l'eau douce „moins conductrice pour le premier, l'eau salée plus conductrice pour le second?*“ *(Traité d'Électricité théorique et appliquée etc. t. III. Paris 1858. p. 77. 78. 80).* Hier scheint ein doppelter Irrthum obzuwalten. Es ist erstens klar, dass, wenn Gymnotus weniger, aber grössere Elemente hätte als Torpedo, nicht dieser Fisch, sondern jener mehr für die See geeignet wäre; und es ist zweitens klar, dass die Art, wie Hr. de la Rive die Zahl und Grösse der Elemente berechnet, unzulässig ist. Sieht man von der oben S. 443 erwähnten Möglichkeit ab, dass in einer elektrischen Platte mehrere Elemente hintereinander liegen, so ist die Zahl der Elemente gleich der Zahl der hintereinander, ihre Oberfläche gleich der Summe der Oberflächen der nebeneinander befindlichen Platten. Dann hat, mit Zugrundelegung der von Hrn. de la Rive benutzten Zahlen, das Gymnotus-Organ 4000 Platten von $96 \times 50 = 4800$, das Torpedo-Organ 2000 Platten von $940 \times 7 = 6580$ Quadratmillimetern Oberfläche; d. h. jenes ist grossen ausserwesentlichen Widerständen gewachsen, dieses mehr für kleine geeignet. Hr. Valentin zählt übrigens an den Säulen des Zitteraals etwa 5000, an denen des Zitterrochens durchschnittlich nur etwa 300 Platten (Handwörterbuch der Physiologie u. s. w. Bd. I. S. 254. 268), was unserer Ansicht noch günstiger ist.

Digitized by Google

XXXIV.

Ueber die successiven Veränderungen, welche elektrische Schläge an den rothen Blutkörperchen hervorbringen.

Von

Prof. **Alexander Rollett** in Graz,
correspondirendem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften [1]).

In einer Abhandlung über die Wirkung des Entladungsstromes auf das Blut (diese Untersuchungen Bd. IX) habe ich die Mittheilung einiger neugewonnenen Thatsachen angekündigt, welche sich auf die successiven Veränderungen der Blutkörperchen unter dem Einflusse elektrischer Schläge beziehen.

Die Versuche, welche dazu führten, sind nach einem etwas anderen Plane angestellt, als die am angeführten Orte beschriebenen mikroskopischen Beobachtungen.

Wenn es sich um das Studium der successiven Veränderungen der Blutkörperchen handelt, muss die Stromwirkung in allen Theilen der eingeschalteten Blutschichte einen gleichmässigen und allmäligen Verlauf nehmen, das ist aber nach unseren Versuchen im Grossen nur der Fall, wenn die Stromdichte der Partialströme, in welche

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

Digitized by Google

man sich den Strom innerhalb des Blutes zerlegt denken kann, an allen Stellen den gleichen, aber einen verhältnissmässig geringen Werth besitzt. Diese Bedingungen sind erfüllt, wenn eben noch wirksame Schläge zwischen breiten und einander gleichen Elektroden durch eine prismatische Blutschichte gehen, die einen mit den Elektroden gleichen Querschnitt besitzt.

Es wurden also nicht wie zu den früheren Versuchen \/förmige Elektroden benützt, sondern die in Fig. 1 abgebildeten. Der schraffirte Theil der Zeichnung bedeutet den Stanniolbeleg des Objectträgers, der weisse das frei gebliebene Glas, auf das letztere wurde der Blutstropfen gebracht und vorsichtig, um das Einschliessen von Luftbläschen zu vermeiden, mit einem passend zugeschnittenen Deckgläschen bedeckt, welches eben noch auf den 6 Millim. entfernten Stanniolrändern aufruhte. In der Zeichnung ist es durch die punktirten Umrisse angedeutet. Das Blut, welches auf einen gegen das Deckgläschen geführten Druck an den Rändern desselben austrat, wurde sorgfältig mit Filtrirpapier abgesaugt, so dass eben nur die zwischen Objectträger und Deckgläschen sich haltende Blutschichte übrig blieb.

Das so vorbereitete Object wurde quer über die Kupferschienen *s* und *s'* des mit dem Mikroskop verbundenen Tisches, Fig. 1, gelegt.

Die Einschaltung des Mikroskopes in den Schliessungsbogen geschah wie früher (l. c. p. 383).

Ich habe zwar die meisten der zu beschreibenden Versuche mit einer neuen Maschine angestellt, allein die Einrichtung derselben ist genau der mir in Wien zur Disposition gestandenen nachgebildet, so dass die (l. c. Tab. I, Fig. 1) gegebene Zeichnung auch vollkommen auf meine neue Maschine passt.

Die Masse sind aber von den früheren verschieden.

Der Conductor bildet einen Ring von 130 Mm. Diameter, sein eigener Durchmesser beträgt 43 Mm.

Mit der Maschine konnten 2 Flaschen in leitende Verbindung gebracht werden. Der innere Beleg der einen kleineren ist 493,14 □Centim. gross. Die grössere Flasche hatte einen inneren Beleg von 1055,37 □Centim. Für die mikroskopischen Versuche wurde die

Digitized by

kleinere Flasche allein eingeschaltet und die Schlagweite nur 1 Mm. gross gemacht.

Bevor der Objectträger im einzelnen Versuche auf die Kupferschienen des Tisches gelegt wurde, war der Schliessungsbogen durch den Kupferstreifen *ab* geschlossen, ehe dieser abgehoben wurde, durchsuchte ich aufmerksam das ganze Sehfeld, um einen genauen Ueberblick über die daselbst vorhandenen, noch nicht elektrisirten Blutkörperchen zu haben. Das Blut wurde frisch defibrinirt, entweder unverändert oder mit wechselnden Mengen von Serum, *humor aqueus* oder einer *ClNa*-Lösung (von 1 Grm. in 100 Kub. Centim.) verdünnt, der Untersuchung unterworfen. Der Gang der successiven Formveränderung der Blutkörperchen ist in allen diesen Fällen derselbe.

Objecte waren das Menschenblut, das Blut vom Schweine, vom Kaninchen, von der Katze, vom Meerschweinchen, endlich das Froschblut.

Die successiven Veränderungen der kreisscheibenförmigen Blutkörperchen der angeführten Säugethiere und des Menschen stimmen vollkommen überein.

In dem frisch defibrinirten Blute dieser Thiere oder im Menschenblut findet man, gleichgültig, ob man es unverdünnt oder mit einem der angeführten Medien verdünnt untersucht, Blutkörperchen von verschiedener Form.

Die grösste Mehrzahl derselben zeigt in der Regel die bekannte Napfform, oft ist diese die allein vorhandene.

Sehr häufig erscheint aber ein Theil der Blutkörperchen in einer Form, welche in Fig. 2 *b* abgebildet ist, und welche ich die grosszackige oder Rosettenform nennen will, ein anderer Theil der Blutkörperchen zeigt dagegen die in Fig. 2 *c* abgebildete, bekannte Maulbeerform. Letztere ist oft unmittelbar nach dem Ausschlagen des Faserstoffes die überwiegende, sie ist es auch, welche man vorzugsweise vor sich hat, wenn in einem frischaufpräparirten Blutstropfen spontan die sogenannte sternförmige Verschrumpfung der Blutkörperchen auftritt. Hat man das Sehfeld auf alle diese Formen genau untersucht, so wird die Schiene *a b* abgehoben, die Maschine in Thä-

Digitized by Google

tigkeit versetzt, und nun nach jeder einzelnen Entladung wieder das ganze Sehfeld untersucht.

Die successiven Veränderungen der rothen Blutkörperchen, welche man auf diese Weise beobachten kann, und welche sich in allen einzelnen Versuchen wiederholen, sollen nun im Zusammenhange beschrieben werden.

Erst am Ende der allgemeinen Darstellung werde ich einzelne Versuche mit ihren Details als Beispiele anführen.

Man beobachtet, dass unter dem Einflusse der langsam auf einander folgenden Schläge die napfförmigen Blutkörperchen zuerst am Rande einzelne Kerben bekommen, diese vervielfältigen sich auf drei, vier oder fünf und mehr, es entsteht die in Fig. 2 *b* gezeichnete Rosettenform. Das freie Ende der grossen Zacken ist bald schmäler, bald breiter, als die Basis derselben, man kann sich die Zackenenden noch durch eine Kreislinie verbunden denken, welche dem ursprünglichen Grenzcontour des Blutkörperchens ungefähr entspricht, im Ganzen ist aber das von dem Blutkörperchen gedeckte Areal des Sehfeldes kleiner geworden. Unter sichtlicher Verkleinerung des Durchmessers geht darauf die Rosettenform in die Maulbeerform über, Fig. 2 *c*. Die anfänglichen grossen Zacken vervielfältigen sich durch neue Einkerbung, während zugleich neue kleinere Zacken selbstständig auf der Oberfläche des Blutkörperchens sichtbar werden.

Die beschriebenen Veränderungen erleiden nicht alle Blutkörperchen in derselben Zeit, so dass man Gelegenheit hat, unveränderte neben rosetten- und maulbeerförmigen zu beobachten. Die Zeit, während welcher die Blutkörperchen in der Form, Fig. 2 *b*. verweilen, ist in der Regel kürzer als die Zeit, nach welcher die maulbeerförmigen die gleich zu beschreibenden weiteren Veränderungen eingehen, so dass meistens die kurzdauernde, aber constante Uebergangsform, Fig. II *b*, während der einzelnen Momente eines Versuches in einer geringeren Anzahl vorhanden ist, als die Napf- oder Maulbeerform der Blutkörperchen.

Die weiteren Veränderungen, welche die maulbeerförmigen Blutkörperchen erleiden, bestehen darin, dass einige ihrer Zacken nach und nach einzeln, ähnlich den Fangarmen eines Polypen, in das

Digitized by

Blutkörperchen eingezogen werden. Andere Zacken verschmächtigen sich von der Spitze her. Indem die Substanz dieser Zacken gegen die Basis derselben hin und schliesslich bis zum Niveau des Körpers der Maulbeere einsinkt, verwandelt sich diese in einen rundlichen, wie mit feinen Stacheln besetzten Körper, in die Form, Fig. 2 *d*, welche passender mit einem Stechapfel, denn mit einer Maulbeere verglichen werden könnte, nach und nach gehen auch diese feinen Fortsätze alle verloren und das Blutkörperchen gewinnt nun ein glattes Ansehen mit einem etwas gesättigteren Farbenton, als ihn das napfförmige Blutkörperchen besass.

Auf diesem Stadium der Veränderung beharren die Blutkörperchen am längsten, so dass in der Regel diejenigen Blutkörperchen, welche am ehesten aus der Napfform durch die verschiedenen Stadien der successiven Formveränderung hindurch in die Kugelform übergegangen sind, noch in dieser beharren, wenn auch die später veränderten die Gestalt der gesättigt gefärbten Kugeln erlangt haben. Das Sehfeld hat dann ein durchaus gleichmässiges Ansehen, es ist eben mit nahezu gleichgrossen, in ihren optischen Effecten einander vollkommen gleichen Kugeln angefüllt. Bald darauf beginnt aber die Farbe einzelner dieser Kugeln zu verlöschen, und an der Stelle der gefärbten Kugel bleibt nur ein blasses, schwach contourirtes, wenig schattirtes, rundes Gebilde zurück, welches immer mehr und mehr sich dem Blicke entzieht. Dieses Verblassen ergreift successive alle Blutkörperchen, so dass im Sehfelde nichts mehr übrig bleibt, als jene kaum mehr sichtbaren Ueberreste der Blutkörperchen.

Die weiteren Veränderungen dieser Reste lassen sich nur sehr schwer verfolgen. Anfangs erhalten sie durch Zusatz von *ClNa*-Lösung (6 Grm. in 100 Kub. Centim.) noch härtere Umrisse. Die Zahl der auf diese Weise wieder zu verdeutlichenden Stromata nimmt aber, wenn man noch längere Zeit nach dem Verlöschen der Farbe der Blutkörperchen fortfährt, zu elektrisiren, in dem Masse ab, als die Anzahl der elektrischen Schläge vervielfältigt wurde.

Man wende nicht ganz concentrirte Salzlösungen an, weil diese im aufgehellten Blute störende Niederschläge erzeugen.

Ein sehr gutes Mittel, die Blutkörperchen nicht nur im End-

Digitized by Google

stadium, sondern auch während aller einzelnen Phasen ihrer successiven Veränderungen zu untersuchen, ist, wie ich fand, die Müller'sche Flüssigkeit.

Ich mischte mir dieselbe aus 1 Theil kaltgesättigter Lösung von doppeltchromsaurem Kali, 5 Theilen kaltgesättigter Lösung von Glaubersalz und aus 10 Theilen Wasser. Die Blutkörperchen erhalten sich in dieser Flüssigkeit, wenn sie in einem weit übertreffenden Volumen dem Blute zugemischt wird, sehr lange, sie werden darin härter und bekommen schärfere Contouren, ohne wenigstens im Anfange der Einwirkung ihre Gestalt besonders zu ändern. Man kann dieses Gemisch in einzelnen Fällen sehr zweckmässig noch mit grösseren Mengen von Wasser verdünnen. Man wird auf diese Flüssigkeit aufmerksam, da man gelegentlich die Chorioidea eines darin erhärteten Auges auf das Schönste natürlich injicirt antrifft.

Wenn die Blutkörperchen, ehe man sie der Wirkung des Entladungsstromes ausgesetzt hatte, spontan die Rosetten- oder Maulbeerform angenommen haben, so durchlaufen sie während des Elektrisirens genau so, als ob man sie erst durch den electrischen Strom in jene Formen gebracht hätte, alle weiteren Stadien der successiven Veränderung bis zum vollständigen Verblassen.

Die mitgetheilten Beobachtungen an den einzelnen kreisscheibenförmigen Blutkörperchen wurden direct während des Elektrisirens mittelst eines Plössl'schen Mikroskopes (Ocular I + stärkster Linseneinsatz) gemacht.

Sie wurden aber mit einem Hartnack'schen Immersionssysteme (Nr. 10) controlirt. Man kann, wenn man mit dem Elektrisiren bald früher, bald später innehält, alle die beschriebenen Stadien der Veränderung bei einer Reihe von Blutkörperchen fixiren und das Object unter das Immersionsmikroskop bringen. Man findet die eben beschriebenen Veränderungen durch die Angaben des Immersionsmikroskopes bestätigt und kann sich bei dieser Gelegenheit noch überdies auf das Deutlichste über die Körperform der einzelnen Veränderungsstadien belehren, wenn man die Blutkörperchen durch leise Stösse auf das Deckgläschen leicht hin- und herschiebt. Man findet auf diese Weise, dass an der Rosettenform sehr häufig noch der napfförmige Eindruck in der Mitte vorhanden ist, während der Rand des

Digitized by

Blutkörperchens nach beiden Seiten der ursprünglichen Scheibe jene Hervorragungen zeigt, welche in der Aufsicht als die Zacken der Rosette erscheinen. Die maulbeerförmigen Blutkörperchen dagegen erscheinen stets an ihrer ganzen Oberfläche mit jenen kleineren Zacken besetzt, welche dem Rande das feingekerbte Ansehen, der Aufsicht aber ein punktirtes Ansehen verleihen, wie es auch in Fig. 2 *c* angedeutet ist. Dasselbe gilt von dem späteren Stadium. An den gefärbten Kugeln und den entfärbten Resten ist auch bei dieser Art der Untersuchung nichts weiter zu sehen, als die ebenmässig runde Gestalt.

Will man die Blutkörperchen nicht nach der Fläche, sondern nach dem Rande der Scheibe untersuchen, so kann man dies leicht dadurch erreichen, dass man nicht verdünntes Blut, sondern einen Tropfen unverdünnten Blutes untersucht, in welchem wegen der gedrängten Menge der Blutkörperchen immer einige von ihren Nachbarn in der passenden Lage erhalten werden.

Eine viel bessere Gelegenheit zur Beobachtung nach dem Rande der Scheibe gewähren aber die geldrollenartig aufgereihten Blutkörperchen, auf deren merkwürdiges Verhalten ich nun besonders eingehen muss.

Man findet nicht immer, aber ziemlich häufig im defibrinirten Blute Geldrollen, namentlich im Blute junger Katzen und Kaninchen, sie kommen, obwohl etwas kürzer, aus weniger Blutscheiben bestehend, auch im defibrinirten Schweineblut vor und erhalten sich in allen Fällen auch, wenn das Blut mit Serum, *humor aqueus* etc. verdünnt wird.

Wenn man solche Geldrollen unter das Mikroskop gebracht hat, so sehe man vor Allem darauf, ob nicht einige derselben mit ihrer Längenachse in der Richtung des Stromes, andere im Sehfelde befindliche dagegen mit ihrer Längenachse in der Richtung senkrecht darauf orientirt sind.

Hat man zwei oder mehrere solcher Geldrollen gefunden und fängt nun zu elektrisiren an, so wird man fast in allen Fällen, so dass die vorkommenden Ausnahmen dagegen verschwinden, beobachten, dass die Geldrollen, welche mit ihrer Achse senkrecht auf der Strom-

Digitized by Google

richtung liegen, ebenso wie die meisten einzeln im Sehfelde liegenden Blutkörperchen immer früher, nach einer geringeren Anzahl von Schlägen oder rascher in der Zeit nach dem letzten Schlage in die verschiedenen Stadien der Veränderung eintreten, als die Geldrollen, welche mit ihrer Achse parallel der Richtung des Stromes liegen. Es ist klar, dass im letzteren Falle die im einzelnen Blutkörperchen vom Strome durchlaufene Strecke kleiner ist, als in den anderen Fällen, und wir sind durch die Beobachtung von geldrollenartig aufgereihten Blutkörperchen im Stande, Bedingungen in unseren Versuch einzuführen, welche bei der mikroskopischen Kleinheit der einzelnen Blutkörperchen auf keine andere Weise zu erreichen sind.

Wie gestalten sich aber die successiven Veränderungen an der einzelnen Geldrolle?

Man sieht zuerst die Seitenansicht der Blutkörperchen sich verbreitern, aber nicht gleichmässig, während früher die Contouren der an einander stossenden Blutkörperchen einen geraden oder leicht geschwungenen Verlauf hatten, Fig. 3 *a*, erscheinen die Blutkörperchen jetzt wie mit Nahtzacken in einander verschränkt, Fig. 3 *b*. Diese Zacken sind anfangs, wenn der Querdurchmesser der Geldrolle noch das einem Blutkörperchen entsprechende Stück der Rollenachse übertrifft, breit, sie werden später kleiner, während gleichzeitig die Blutkörperchendurchmesser einander immer ähnlicher werden, endlich nehmen alle Blutkörperchen die Kugelgestalt an, die Kugeln berühren sich entweder, oder aber sie stossen sich ab und liegen nun durch ziemlich gleich grosse Intervalle getrennt in einer Reihe neben einander.

Die Veränderungen der einzelnen Blutkörperchen einer Geldrolle entsprechen im Ganzen den Veränderungen, welche man an den isolirten Blutkörperchen beobachten kann und eben so entsprechen die zeitlichen Verhältnisse des Ueberganges aus einer Form in die andere; die Dauer des Verweilens in einem bestimmten Stadium den früheren Angaben. Demgemäss sieht man eben alle Glieder einer Geldrolle eine Zeit lang in der Gestalt gefärbter Kugeln aufgereiht. Die weitere Veränderung, die Entfärbung erleiden aber in der Regel nicht alle Glieder einer Geldrolle gleichzeitig. Man hat vielmehr

Digitized by

Gelegsnheit, eine grosse Mannigfaltigkeit in dieser Beziehung zu beobachten.

Ein Fall dieser Art ist in Fig. 3 schematisch dargestellt, *c* stellt die aus einer Geldrolle hervorgegangene Reihe gefärbter Kugeln dar, *d* ein weiteres Stadium, in welchem zwei der Kugeln bereits entfärbt, *e* ein folgendes, *f* ein noch späteres Stadium, bis endlich, wie in *g* zu sehen, alle Blutkörperchen nur mehr durch ihre verblassten Ueberreste angedeutet sind.

Es sollen nun die Veränderungen der elliptisch scheibenförmigen Blutkörperchen des Frosches beschrieben werden.

Die Methode der Untersuchung ist für das Froschblut ganz dieselbe, wie für das Blut der Säugethiere.

Die Reihenfolge der Veränderungen ist die folgende:

Die Blutkörperchen werden anfangs fleckig, und zwar existirt ein kurz vorübergehendes Stadium, wo das Blutkörperchen eine punktförmige Zeichnung besitzt, indem intensiver gefärbte, umschriebene Stellen mit eben solchen weniger intensiv gefärbten abwechseln. Bald erscheint aber das Blutkörperchen wie unregelmässig geädert. Partieen, welche durch ihre gesättigtere Farbe von weniger gesättigt gefärbten Zwischenräumen abstechen, laufen vom Rande gegen die Mitte des Blutkörperchens in einen Knoten zusammen, in welchem der Kern mit seinen Contouren verschwindet. Einzelne dieser radial gestellten unregelmässigen Streifen verbinden sich oft mit einander, oder aber es laufen andere den Rändern des Blutkörperchens entlang, kurz ihre Anordnung und die dadurch bedingte Zeichnung des Blutkörperchens kann eine sehr verschiedene sein und die Fig. 4 *a* gegebene Abbildung kann nur als ein Beispiel für dieses Stadium der Veränderung angesehen werden. Die eben beschriebene Zeichnung des Blutkörperchens geht nun unter vielfältigem Wechsel in eine andere über, die dadurch charakterisirt ist, dass Licht und Schatten und Intensität der Färbung sich wieder gleichmässig über das Blutkörperchen vertheilen, nur einzelne hellere, linienförmige Streifen radienartig zu dem jetzt wieder scharf contourirten Kerne verlaufend, unterbrechen noch die Gleichförmigkeit, endlich verschwinden auch

Digitized by Google

diese und das Blutkörperchen stellt einen ovalen, glatten, gleichmässig tingirten Körper dar. Der Kern ist in diesem meist kürzer, als in dem unveränderten Blutkörperchen, er zeigt jetzt auch schon die früher beschriebene und abgebildete Vacuolenbildung. Während aller dieser Veränderungen besitzt der Rand der Blutkörperchen manchmal eine sehr feine Zähnelung. Im weiteren Verlaufe der successiven Veränderungen verkleinern sich die Blutkörperchen zusehends, sie bleiben dabei oval oder werden kreisrund. Anfangs erscheinen sie noch gesättigt gefärbt und scharf contourirt, Fig. 4 *b*. Bald tritt aber hier dasselbe Verblassen ein, wie bei den Säugethier-Blutkörperchen, gleichzeitig bekommen immer mehr und mehr der im Sehfelde befindlichen Körperchen runde Umrisse, so dass die Zahl der runden bald die der ovalen weit übertrifft; nachdem schliesslich alle ihre Farbe verloren, finden sich nur mehr die Kerne, umfangen von einem schwachen kreisförmigen Contour, im Sehfelde vor, Fig. 4 *c*.

Bisher wurde nur die Veränderung der Aufsicht des Froschblutkörperchens, wenn dasselbe zu Anfang der Versuche auf der Fläche liegend angetroffen wurde, geschildert. Man kommt aber auch hier über die jene Veränderungen des mikroskopischen Bildes bedingenden Formenwechsel des Blutkörperchens erst vollkommen in's Klare, wenn man das Blutkörperchen auch nach dem Rande der Scheibe untersucht, während dasselbe der Wirkung des Entladungsstromes ausgesetzt ist. Beim Froschblute lässt sich das nur erreichen dadurch, dass man einen Tropfen unverdünnten Blutes aufpräparirt und sich nun Blutkörperchen aufsucht, welche durch ihre gedrängt liegenden Nachbarn in der passenden Lage erhalten werden. Die auf diese Weise zu beobachtenden Veränderungen beginnen mit einer Verbreiterung der schmalen Seitenansicht des Blutkörperchens, dabei werden aber die Contouren unregelmässig aus- und eingebogen, Fig. 5 *a*. Es ist dies die der in Fig. 4 *a* abgebildeten Flächenansicht entsprechende Seitenansicht. Unter gleichmässiger Verbreiterung geht jetzt das Bild der Seitenansicht in das der Fig. 5 *b* über. Namentlich die in der Längenachse des Blutkörperchens zu beiden Seiten des Kernes liegenden Partieen verbreitern sich immer mehr und hängen durch einen

Digitized by

über den Kern hinlaufenden Streifen, der anfänglich schmäler, später breiter als der Kern erscheint, zusammen, Fig. 5 *b* und *c*.

Wenn man auch hier, wie dies in allen Versuchen geschehen ist, das Immersionsmikroskop und das Wälzen der Blutkörperchen in verschiedenen Veränderungsstadien, als Behelfe der Untersuchung in Anwendung bringt, so sieht man, dass der zuletzt angeführten Seitenansicht des Froschblutkörperchens eine ovale Flächenansicht entspricht, es sind aber die Theile des Blutkörperchens rings um den Kern aufgewulstet, und zwar nach beiden Flächen des ursprünglichen Blutkörperchens hin, so dass der Kern gleichsam die Communication zwischen den verwendeten Hälften eines Doppeltrichters schliesst, dessen Wandungen von der Substanz des Blutkörperchens gebildet werden. Die Wände eines der trichterartigen Räume fliessen nun gleichsam in einander, wenn das Blutkörperchen sich abrundet, während der andere dadurch ausgefüllt wird, dass der Kern in denselben hineintritt und dann excentrisch, und zwar einer bestimmten Stelle der Oberfläche des kugelig gewordenen Körperchens sehr nahe, oft ein wenig über dieselbe hervorragend, gelagert ist. Auch hievon überzeugt man sich wieder durch Herumrollen der Blutkörperchen im Sehfelde, wobei man den Kern bald auf der Oberfläche der Kugel dem Beschauer zugewendet, deutlich und scharf gezeichnet, bald von der Masse der Kugel bedeckt, oder einer oder der andern Seite ansitzend, wahrnimmt, zugleich erhält man, während ein Blutkörperchen in diese verschiedenen Lagen geräth, durch das rasche Umschlagen in die zweite der aufgezählten Positionen und die geringere Beweglichkeit in der letzten immer den Eindruck, als ob der Kern an der kugeligen Masse des Blutkörperchens wie ein beschwerendes Gewicht hinge. Ich habe bisher nur den häufigsten Uebergang der ovalen Blutkörperchen in die Kugelform angeführt.

Es kommen aber mancherlei Abweichungen vor. Das Blutkörperchen nimmt z. B. nicht die Form eines Doppeltrichters an, sondern es erscheint in Form zweier durch den länglichen Kern zusammengehaltener Kugeln, als Dumbbell. Beide Kugeln fliessen dann plötzlich in einander. Der Kern bleibt während dieses Ueberfliessens wie ein träger Körper noch in seiner ursprünglichen Lage weit her-

Digitized by Google

vorragend über die aus der Vereinigung der Hälften des Blutkörperchens entstandene grosse Kugel, später legt er sich aber mit der Seite, über welche die eine Hälfte zur anderen herabgeflossen ist, an die grosse Kugel an, Fig. 6 *a, b, c.*

In anderen Fällen stellt das verdickte Blutkörperchen eine Form dar, wie man sie erhalten würde, wenn man einen weichen eiförmigen Kuchen von zwei entgegenliegenden Punkten bis an den Rand hin mit den Fingern eindrücken würde, dem beiderseitigen Eindruck entspricht der Kern des Blutkörperchens. Auch diese Form geht schliesslich in die Kugelgestalt über.

In den zuletzt aufgeführten Fällen ereignet es sich, dass der Kern während des Ueberganges des Blutkörperchens in die Kugelgestalt mit einem Male ganz aus der Masse des Blutkörperchens heraustritt, ohne dass die letztere dadurch ihre scharf begrenzte, rundliche Form einbüssen würde. Die kernlose Kugel macht dann die weitere Veränderung für sich durch.

Ein anderer Fall, der mit dem Uebergange des Blutkörperchens aus den früheren Veränderungsstadien in die Kugelgestalt zusammenfällt, ist, obwohl er sich seltener ereignet, doch sehr merkwürdig und erwähnenswerth. Es ist das Ineinanderfliessen zweier Blutkörperchen. Dabei legen sich zwei eben kugelig gewordene Blutkörperchen eng an einander. Anfangs stossen sie, wie sich berührende Kreise an einander, bald aber flachen sich die an einander grenzenden Convexitäten ab, die Berührung wird eine ausgedehntere und man erhält jetzt noch ein Bild, wie man es oft von in Theilung begriffenen Zellen gezeichnet sieht. Die Grenzlinie zwischen den beiden Blutkörperchen verschwindet dann mit einem Ruck spurlos und das aus der Vereinigung hervorgegangene Gebilde stellt eine grosse homogene Kugel dar, die, wie die kleineren, je einem Blutkörperchen entsprechenden Kugeln nun allmälig verblasst. Die grosse Kugel ist zweikernig, es kommt aber auch nur ein Kern in solchen aus der Vereinigung zweier Blutkörperchen entstandenen grossen Kugeln vor, wenn nämlich aus einem der Blutkörperchen früher der Kern ausgetreten war. Auch zwei oder mehrere kernlose Kugeln können sich zu einer grösseren vereinigen. Es muss hervorgehoben werden, dass gerade Blutkörperchen,

Digitized by Google

welche ihren Kern während der Reihe der successiven Veränderungen eingebüsst haben, die grösste Neigung zum Ineinanderfliessen besitzen.

Zur genaueren Orientirung über den Verlauf der successiven Veränderungen der Blutkörperchen sollen nun die Details einiger Versuche angeführt werden.

1. Es ist bei eingeschalteter kleiner Leydnerflasche die Schlagweite 1 Mm. Frisch defibrinirtes Kaninchenblut wird, mit *humor aqueus* desselben Thieres verdünnt, in der früher beschriebenen Weise unter das Mikroskop gebracht. Es befinden sich grösstentheils napfförmige Blutkörperchen im Sehfelde. Nach der ersten Entladung werden die meisten Blutkörperchen unter den Augen rosettenförmig, nur einige bleiben noch längere Zeit unverändert.

Auch diese nehmen allmälig die Rosettenform an, während die zuerst veränderten maulbeerförmig werden. An den maulbeerförmigen beginnt nun das Einziehen und die Verschmächtigung der Zacken, worauf bald sehr viele der Blutkörperchen wieder glatt und kugelförmig erscheinen, einige andere bleiben maulbeerförmig.

Nach drei Minuten erfolgt die zweite Entladung. Einige Kugeln verblassen, während alle früher noch nicht so weit veränderten Blutkörperchen die Kugelform annehmen.

Nach drei Minuten erfolgt die dritte Entladung. Es verlischt die Farbe der meisten Kugeln, bis nach drei Minuten die vierte Entladung auch die letzten noch gefärbt erscheinenden Blutkörperchen verblassen macht.

2. Die Schlagweite bei eingeschalteter kleiner Flasche 1 Mm. Defibrinirtes Katzenblut wird eine Viertelstunde nach der Entfernung aus dem Organismus, mit Serum verdünnt, untersucht. In demselben befinden sich Geldrollen sowohl parallel als senkrecht zur Richtung des Stromes. Die ersteren erleiden alle Veränderungen später, als die letzteren. Die Schläge folgen in Intervallen wie beim früheren Versuche auf einander. In Fig 3 *b* ist das erste Stadium der Veränderung nach der Natur gezeichnet. In *c, d, e, f, g* schematisch das Verblassen der kugelig gewordenen Glieder einer Geldrolle dargestellt. In dem Zeitmoment nach der ersten Entladung erscheint die Geldrolle *c,* welche zur Stromesrichtung senkrecht liegt, in die

Digitized by Google

sich berührenden Kugeln aufgelöst, während *b* noch die mit ihren Zacken verschränkten Blutkörperchen aufweist. Erst nachdem in drei Minuten die zweite Entladung erfolgt, werden auch die Blutkörperchen in *b* kugelig, in derselben Zeit geht *c* schon in *d* und in *e* über.

3. Schlagweite bei eingeschalteter kleiner Flasche 1 Mm. Froschblut wird mit *ClNa*-Lösung (1 Grm. in 100 Kub. Centim.) verdünnt untersucht.

Nach der ersten Entladung werden die Blutkörperchen gefleckt, einige zeigen bald auch das geäderte Ansehen.

Nach zwei Minuten erfolgt die zweite Entladung.

Die meisten Blutkörperchen erscheinen jetzt geädert, einige haben sich wieder ausgeglättet, in diesen ist der Kern scharf hervortretend und lässt bald grössere, bald kleinere Vacuolen in seinem Innern erkennen. Es bedarf jetzt wieder zweier Schläge in Intervallen von zwei Minuten, um alle Blutkörperchen als gesättigt gefärbte ovale Körper erscheinen zu lassen. Nach zwei Minuten erfolgt der fünfte Schlag, worauf einige der Blutkörperchen kugelrund erscheinen. Nach dem zwei Minuten später erfolgenden sechsten Schlage werden sehr viele der Blutkörperchen rund, die oval gebliebenen erscheinen gedrungener und bauchiger, endlich fängt die Farbe einiger zu verlöschen an. Auf den siebenten Schlag dauert das Abblassen fort und werden mehr der Blutkörperchen davon ergriffen. Dasselbe findet nach dem neunten und zehnten Schlage Statt, weitere Schläge bringen nur wenig Veränderung hervor, selbst nach dem 50. Schlage sieht man nur wenige Kerne ohne Einfassung, die meisten sind noch mit einem schwach lichtbrechenden Hofe umgeben.

Gehörte die Verfolgung des wechselnden Bildes der unter dem Einflusse elektrischer Schläge sich verändernden Blutkörperchen auch nicht zu den leichtesten und dankbarsten Aufgaben, so verschwinden die hier sich ergebenden Schwierigkeiten doch im Vergleiche zu den viel grösseren Schwierigkeiten, welche man gewahr wird, wenn man eine Erklärung der beobachteten Erscheinungen versucht.

Halten wir uns zuerst an die kreisscheibenförmigen Blutkörperchen, so ist wohl das Auffallendste, dass wir im Stande sind, die Blutkör-

Digitized by

perchen durch den elektrischen Strom zu einer Formveränderung zu veranlassen, welche sie auch spontan bei der sogenannten sternförmigen Verschrumpfung erleiden, oder aber, wie Klebs (Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1863, p. 851) inzwischen veröffentlichte, wenn man abgekühltes Blut verstorbener Thiere unter Verhinderung der Verdunstung auf die Temperatur des Körpers erwärmt. Dass diese Maulbeerform der Blutkörperchen und ihre früher beschriebene Vorstufe nicht, wie man wohl auch vermuthete und wie Beale sogar direct beobachtet haben will (Structur der einfachen Gewebe etc., übersetzt von J. V. Carus, Leipzig 1862, p. 44), daraus erklärt werden kann, dass die krystallisirbare Substanz der Blutkörperchen sich ausscheidet, ist durch meine Untersuchungen über die Krystallbildung im Blute und über die Wirkung elektrischer Schläge auf das Blut sowohl, wie auch durch die angeführten neuen Thatsachen hinlänglich bewiesen.

Es ist vielmehr bei den Aufschlüssen, welche wir vorzugsweise durch Kühne's Untersuchungen über die Physiologie des Protoplasma (Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität, Leipzig 1864), andererseits aber über den dem Protoplasma anderer Elementarorganismen ähnlichen Aggregatzustand des Blutkörperchenstromas erhalten haben [1]), ein nahe liegender Gedanke, die Formveränderungen der Blutkörperchen auf eine Contractilität derselben zurückzuführen, also den Ansichten beizutreten, welche Klebs über die Formveränderung auf Wärmezufuhr ausgesprochen hat.

Man wird mir zugestehen, dass aus den früher vorgetragenen Beobachtungen eine mehrfache Berechtigung zu einer solchen Auffassung der fraglichen Erscheinung sich zu ergeben scheint [1]). Elektrische Schläge lösen ganz allgemein die Zuckung contractiler Elementarorganismen aus (Kühne l. c.). Allerdings bliebe noch zu erklären, warum die rothen Blutkörperchen im Vergleiche mit anderen irritablen Substanzen des raschen Abgleiches verhältnissmässig so hoch gespannter Elektricitäten bedürfen, um erregt zu werden.

[1]) Es soll aber gleich hier bemerkt werden, dass sich aus dem weiteren Verlaufe unserer Darstellung von selbst ergeben wird, dass die Uebereinstimmungen nur scheinbare und nahezu treffende, keine wirklichen und durchgreifenden sind.

Digitized by Google

Das auffallende Verhalten der geldrollenartig aufgereihten Blutkörperchen wäre der Auffassung unseres Phänomens, als Contractilitäts-Erscheinung ebenfalls günstig, da der Erfolg des elektrischen Reizes in dem Falle, wo die Länge der vom Strome durchflossenen Strecke des Blutkörperchens grösser ist, früher und in höherem Grade auftritt, als wenn die durchlaufene Strecke kürzer ist.

Es würde ferner die Gleichartigkeit der Formveränderung auf so verschiedene Einflüsse, wie Abkühlung oder Berührung mit der Luft (bei der sogenannten sternförmigen Verschrumpfung), auf Temperatursteigerung (Klebs) und elektrische Schläge zu Gunsten jener Auffassung sprechen. Desgleichen die Analogie zwischen Säugethier- und Froschblutkörperchen, da ja offenbar die auf beiden Flächen des letzteren auftretende Runzelung unmittelbar auf die erste Einwirkung des elektrischen Schlages das Analogon der ersten Formveränderung der Säugethier-Blutkörperchen ist.

Ich muss ferner anführen, dass mir schon seit dem Winter 1862 auch an den Froschblutkörperchen eine ähnliche Formveränderung auf thermische Einflüsse bekannt ist.

Ich verfolgte damals die auf thermische Einflüsse eintretenden Formveränderungen der Blutkörperchen direct unter dem Mikroskope und liess mir zu dem Ende aus Eisenblech ein viereckiges Stück von der neben gezeichneten Form ausschneiden.

Die Enden *a* und *b* ruhten über Korkunterlagen so auf dem Objecttische des Mikroskopes, dass der Ausschnitt *c* über dem Loche im Tische zu liegen kam, über diesem Ausschnitte liegt das Präparat auf einem gewöhnlichen Objectträger mit einem Deckglase bedeckt. Unter dem weit abstehenden anderen Ende des Bleches wurde eine zu regulirende Weingeistflamme angebracht, so dass die Temperatur des Bleches und des darauf liegenden Objectes ganz allmälig gesteigert werden konnte.

Ich beobachtete auf diese Weise ein Fleckig-, Dumbbell-, Eiförmig- und Kugeligwerden der Froschblutkörperchen in der angeführten Reihenfolge.

Eben so machten die Säugethier-Blutkörperchen eine Reihe von Veränderungen durch, bis sie die Gestalt von gefärbten Kugeln an-

Digitized by Google

nahmen. Diese Formveränderungen sind seither von Klebs am angeführten Orte genau beschrieben worden.

Als ich beim weiteren Verfolg meiner Versuche eine Reihe von Blutproben vorsichtig im Wasserbade auf verschiedene Temperaturen brachte, um den Wärmegrad zu ermitteln, welchem eine bestimmte Formveränderung entspricht, fand ich beim Froschblute den Eintritt der Formveränderung bei verhältnissmässig hohen Temperaturen 45—54° C., bei 60° C. waren sie vollendet. Für die Säugethier-Blutkörperchen lag die Temperatur niedriger zwischen 40—50° C. Niemals gelingt es, durch Temperatursteigerung dem Blute die Transparenz und Durchsichtigkeit des elektrischen Blutes zu geben.

Es lag aber in der Aehnlichkeit der Formveränderung, welche die Blutkörperchen beim Elektrisiren erleiden, und jener, welche durch thermische Einflüsse an ihnen hervorgerufen werden kann, eine Aufforderung zu untersuchen, in wieweit sich die Wärmewirkung des Stromes beim Elektrisiren etwa geltend mache.

Ich verglich abgekühltes und angewärmtes Blut. Beide wurden fast durch dieselbe Zahl von Schlägen in ganz derselben Weise vollkommen lackfarbenartig durchsichtig. Ausserdem senkte ich ein empfindliches Thermometer in das Blut, während dasselbe unter dem Einflusse von Entladungsschlägen sich aufhellte.

Ich fand in solchen Versuchen immer nur eine sehr wenig ausgiebige Temperatursteigerung, z. B. die Temperatur von defibrinirtem Schweinblut nach halbstündiger Beobachtung im fertig zusammengestellten Versuche constant $17^1/_2{}^0$ C., hierauf wurde das Blut durch elektrische Schläge vollständig durchsichtig gemacht, dabei stieg während des Elektrisirens die Temperatur auf 21° C.

Nach Aufhören des Elektrisirens sinkt die Temperatur bald auf die frühere Höhe ($17^1/_2{}^0$ C.) und erhält sich auf derselben. In mehreren anderen Versuchen wurde eine Steigerung um höchstens 5°, mindestens 3° C. beobachtet, während das Blut vollständig durchsichtig wurde.

Wenn also auch die auf directe Zuleitung von Wärme eintretenden Formveränderungen der Blutkörperchen ähnlich sind der ersten Formveränderung, welche dieselben durch den elektrischen Schlag erleiden,

Digitized by Google

so kann man die letztere doch nicht auf die Wärmewirkung des Stromes zurückführen, da diese in Versuchen, bei welchen das Blut vollständig aufgehellt wurde, im Vergleiche mit den Temperaturen, welche die besprochene thermische Wirkung auf die Blutkörperchen ausüben, eine viel zu geringe Intensität besitzt. Für die specifische Wirkung des elektrischen Stromes spricht ferner noch die schon früher angeführte Thatsache, dass es durch directe Wärmezufuhr niemals gelingt, das Blut schliesslich in der Weise zu verändern, dass es lackfarbenähnlich durchsichtig wird, wie durch den Entladungsstrom. Ich habe die noch keineswegs abgeschlossenen Versuche über die Wirkung thermischer Einflüsse auf die Blutkörperchen und die Erwärmung des Blutes durch den Entladungsstrom hier vorerst nur auszugsweise und gelegentlich eingeschaltet, weil sich dem Leser der vorliegenden Abhandlung nothwendig einige hieher gehörige Fragen aufdrängen werden.

Unmittelbar vor dieser Digression hatte ich die Gründe angeführt, welche uns veranlassen könnten, die Blutkörperchen in die Reihe der contractilen Elementarorganismen zu stellen, jetzt wollen wir sehen, welche grosse Bedenken sich einer solchen Annahme entgegenstellen.

Contractil kann nur ein Elementarorganismus sein, der lebt. Formveränderungen, welche auch der todte Elementarorganismus auf gewisse äussere Einflüsse noch erleidet, müssen natürlich anders gedeutet werden.

Die Frage, ob ein für sich untersuchtes rothes Blutkörperchen noch lebendig oder schon todt ist, wie soll man sie beantworten?

Ich habe mir diese Frage schon oft und schon seit langer Zeit vorgelegt, muss aber heute noch gestehen, dass die Auffindung sicherer Kriterien für das Leben oder den Tod eines Blutkörperchens zu den allerschwierigsten Problemen zählt.

Es versteht sich von selbst, dass man nicht sagen kann, ein Blutkörperchen lebt, welches auf thermische und elektrische Einflüsse seine Form in der beschriebenen Weise ändert, wenn eben erst bewiesen werden soll, dass die auftretende Formveränderung ihren Grund in einer lebendigen Bewegung auf Reize hat.

Dem rothen Blutkörperchen gegenüber befinden wir uns nicht in derselben Lage, wie niederen Thieren oder Elementarorganismen ge-

Digitized by Google

genüber, die sich entweder als Ganzes, oder deren einzelne Theile sich continuirlich bewegen, oder aber periodisch zwischen Ruhe und Bewegung wechseln, und zwar spontan oder auf äussere Reize.

Bei solchen Organismen werde ich, wenn mir noch überdies anderweitige Lebenserscheinungen derselben, z. B. ein Heranwachsen derselben, oder Erzeugung einer Nachkommenschaft oder Aufnahme von Nahrung u. s. w. bekannt geworden sind, aus den Bewegungen derselben auf ihre Lebendigkeit einen Schluss machen können.

Ja wenn hier auf eine einmalige, höchst energische Reizung eine Formveränderung bedingt wird, aus der auch keine Rückkehr in die Ruhelage mehr stattfindet, sondern auf welche sogleich der Tod oder Zerfall des betreffenden Gebildes folgt, so wird die unmittelbar auf den Reiz gefolgte Formveränderung noch immer als eine Contractionserscheinung richtig gedeutet sein können.

Welche Erscheinungen sprechen aber bei den rothen Blutkörperchen dafür, dass sie lebendig bewegte, contractile Gebilde sind?

Nichts, als die auf die früher genannten äusseren Einflüsse auftretende einmalige Formveränderung, unter welcher sie auch zerfallen. Einen Wechsel zwischen Ruhe und Bewegung kann man an den rothen Blutkörperchen, so lange sie im Kreislaufe des lebenden Thieres herumgetrieben werden, nicht in gleicher Weise, wie an den weissen Blutkörperchen beobachten.

Man kann nach den bekannten Methoden in der Schwimmhaut des Frosches den Kreislauf viele Stunden lang direct beobachten, ohne an den schwimmenden rothen Blutkörperchen jemals eine andere Formveränderung zu beobachten als jene, welche ihnen zu Folge ihrer hohen Dehnbarkeit und Elasticität passiv aufgezwungen werden kann und aus der sie vermöge ihrer elastischen Kräfte wieder in die alte Form zurückkehren, sowie der auf sie ausgeübte Zug oder Druck zu wirken aufhört.

Auch bei Säugethieren sieht man an den rotken Blutkörperchen nur passive Formveränderungen.

Zu meinen Versuchen haben mir Meerschweinchen gedient.

Die Thiere wurden durch subcutane Injection von Opium unter die Haut des Rückens narcotisirt, dann auf einer Seite liegend an den

Digitized by Google

Füssen leicht gefesselt; die Bauchhöhle durch einen Schnitt vom *processus xyphoidens* bis zur Symphyse eröffnet und eine Dünndarmschlinge über einen Korkring so befestigt, dass das Mesenterium bei durchfallendem Lichte selbst bei den stärksten Vergrösserungen noch beobachtet werden konnte. Der Korkring befand sich zu dem Ende auf einem mit dem Mikroskop zu verbindenden hölzernen Tische und hatte eine Höhe, die dem Abstande der Wirbelsäule des auf dem Holztische mit einer Seite aufliegenden Thieres von der Unterlage entsprach, so konnte eine Dünndarmschlinge in der Weise herausgespannt werden, dass die im zugehörigen Stücke Mesenterium befindlichen Gefässe gerade gestreckt von der Darmschlinge zur Mesenterialwurzel verlaufen. Man kann in solchen Versuchen, deren Zusammenstellung in wenigen Minuten nach der Narkose des Thieres bewerkstelligt werden kann, den Kreislauf in dem betreffenden Stücke Mesenterium durch vier Stunden und länger im vollsten Gange beobachten, wenn man nur noch die Vorsicht beobachtet hat, den Tisch und Korkring mit einer in 1proc. Steinsalzlösung getauchten Lage von Filtrirpapier zu überlegen.

In solchen Versuchen, bei welchen, wie gesagt, die stärksten Vergrösserungen angewendet wurden, überzeugte ich mich, dass beim Meerschweinchen an dem Blutkörperchen während des vollen Ganges des Kreislaufes nur äusserst selten die Gleichgewichtsfigur vorhanden ist, welche dem ruhig im Serum oder Plasma liegenden Blutkörperchen zukommt; was beim Frosche nur gelegentlich zu beobachten ist, ist hier die Regel, die Blutkörperchen erleiden fortwährend die allerverschiedenartigsten Formveränderungen, sie werden nicht ruhig mit dem Strome fortgetrieben, sondern während sie sich in der Richtung des Stromes bewegen, werden sie, so zu sagen, hin- und hergewalkt. Alle die mannigfachen Formveränderungen, die sie dabei erleiden, sind aber nur passive. Man überzeugt sich davon leicht, wenn man den Kreislauf in den untersuchten Gefässen verzögert oder hemmt, indem man auf die grossen Gefässe des Mesenteriums quer ein kurzes Ende eines Glasstabes legt und sie damit zusammendrückt, sowie das Blut zur Ruhe kommt, nehmen die Blutkörperchen, wo sie nicht allzu gedrängt liegen, sogleich die Napfform an.

Digitized by Google

Niemals konnte ich bei solchen Versuchen beobachten, dass ein Blutkörperchen unter den Augen rosetten- oder sternförmig wurde, sich wieder ausglättete und so fort, kurz es gelingt nicht, sich von einer activen Formveränderung der rothen Blutkörperchen innerhalb des Gefässsystems zu überzeugen.

Ich habe, weil die Thiere mit Opium narkotisirt worden waren, noch die Vorsicht gebraucht, zu untersuchen, ob die Blutkörperchen der verwendeten Thiere noch auf elektrische Schläge die früher beschriebenen successiven Veränderungen durchmachen. Es zeigte sich, dass dies der Fall ist, gerade so, wie auch die Blutkörperchen von mit Strychnin oder mit Cyankalium vergifteten Thieren (Fröschen und Kaninchen), oder aus Blut, welchem man eine geringe Menge jener Gifte zugesetzt hatte, noch auf den Entladungsstrom in derselben Weise reagirten, wie immer.

Es ist mir auch niemals gelungen, ausserhalb des Organismus direct die Rückkehr eines sternförmigen Säugethier-Blutkörperchens oder eines mit radiären Wülsten besetzten Froschblutkörperchens in die normale Gestalt zu beobachten, eine nochmalige Contraction hervorzurufen u. s. w. Weiss man endlich bei den rothen Blutkörperchen etwas Sicheres über Wachsthums- oder Fortpflanzungserscheinungen?

Es fehlen also bei den Blutkörperchen alle bisher erwähnten Gründe, aus welchen man sich veranlasst sehen könnte, die erste Formveränderung, welche der elektrische Strom an den Blutkörperchen hervorbringt, als den letzten, in Folge einer sehr energischen Reizung aufgetretenen Lebensact aufzufassen, auf welchen der Zerfall derselben folgt.

Man müsste, um nur irgend welche Begründung dieser Ansicht zu erbringen, nachweisen, dass es Einflüsse giebt, welche die Blutkörperchen ohne Formveränderung abtödten, und dass die so getödteten die Erscheinungen, welche der Entladungsschlag sonst an ihnen hervorbrachte, nicht mehr darbieten.

Dies zu zeigen, gelingt aber an den Blutkörperchen ebenfalls nicht.

Abgesehen davon, dass Blutkörperchen, welche man Monate lang ausserhalb des Organismus aufbewahrt hat, noch alle Stadien der

Digitized by Google

successiven Veränderung durch den Entladungsstrom eben so durchmachen, wie im frischen Zustande, vorausgesetzt, dass die ursprüngliche Scheibenform sich an denselben erhalten hat, kann man die rothen Blutkörperchen für ihre Functionen im Organismus auch rasch vollständig unbrauchbar machen, ohne dass sie das Vermögen, auf Entladungsschläge ihre Form zu ändern, einbüssen. Mit verdünnten Alkalien oder Säuren, mit welchen letzteren es Brücke z. B. gelungen ist, die Speichelkörperchen ohne Formveränderung abzutödten, geht dies bei den rothen Blutkörperchen nicht.

Anwendung specifischer Muskel- oder Nervengifte (Opium, Strychnin, Cyankalium) würde nichts beweisen.

Durch Zusatz von concentrirten Salzlösungen zum Blute verlieren die Blutkörperchen zwar die Eigenschaft auf den Entladungsstrom zu reagiren, aber dagegen lässt sich einwenden, dass durch den Zusatz jener Salze auch die mechanischen Eigenschaften der Blutkörperchen so wesentlich geändert werden, dass sie jetzt der Stromwirkung, die ja auch eine im engeren Sinne mechanische sein kann nicht mehr unterliegen. Durch den Zusatz von Salzlösungen werden die Blutkörperchen härter, ihrer Dehnbarkeit beraubt und ihr Imbibitionsvermögen in Beziehung auf die umgebende Flüssigkeit offenbar in hohem Grade geändert.

Diesen Einwürfen ist man nicht ausgesetzt, wenn man die Blutkörperchen dem Einflusse von vergiftenden Gasen aussetzt.

Die Erfolge eines solchen Verfahrens sollen im Folgenden beschrieben werden. Ich will aber bei dieser Gelegenheit zuerst anführen, wie sich das arterielle und das venöse Blut gegen den Entladungsstrom verhalten. Sie werden beide beim Elektrisiren durchsichtig. Das arterielle Blut ist, im durchsichtigen Zustande im auffallenden Lichte mit unverändertem arteriellen Blute verglichen, dunkler roth gefärbt. Im durchfallenden Lichte erscheint es aber hellroth im Vergleiche mit durchsichtig gemachtem venösen Blute, welches auch in diesem Zustande dunkelkirschroth und dichroitisch erscheint.

Man kann sich davon leicht durch Versuche in dem in der Mitte verdünnten Glasröhrchen überzeugen, welches ich früher (Wirkung des Entladungsstromes etc., Tab. I, Fig. 2) angegeben habe.

Digitized by

Besser aber werden diese Versuche angestellt, namentlich wenn es sich darum handelt, das Verhalten des durchsichtigen Blutes zu Gasen zu studiren, in einem kleinen Apparate, der Fig. 7 abgebildet ist.

In diesem soll die ganze in dem Schliessungsbogen aufgenommene Blutsäule in allen ihren Theilen eine gleichmässige Veränderung erleiden, so dass man bei Versuchen mit dem durchsichtigen Blute gegen die Einmischung von der Stromeswirkung nicht unterlegenen Blutkörperchen vollständig gesichert ist, wenn man nur dafür sorgt, überhaupt die für die Aufhellung nothwendige Anzahl von elektrischen Schlägen hindurch zu leiten.

Der kleine Apparat besteht aus einem gleichweiten Glasröhrchen *ab*, das kleinste angewendete Röhrchen hatte 43 Mm. Länge, 6 Mm. Diameter, das grösste 98 Mm. Länge, 17 Mm. Diameter, in das Glasröhrchen passt von unten nach Art eines eingeriebenen Glasstöpsels ein Kupfercylinder *bc*, welcher mit dem Drahte *m* verlöthet ist, die obere Oeffnung des Röhrchens, dessen Rand genau abgeschliffen ist, wird von einem polirten Metalldeckel geschlossen. Derselbe ist kreisrund und besitzt rechts und links zwei sattelförmige Einschnitte. An diesen Deckel ist der Draht *n* angelöthet. Die Drähte sowohl wie auch die Oberfläche und der Rand des Deckels sind mit einer Lage von Siegellack überzogen *s* und *s'*, die Drähte passen vermöge dieses Ueberzuges fest in das Lumen eines Kautschukschlauches, der in der Mitte von zwei Seiten her ausgeschnitten ist, so dass dort nur die durch die seitlichen Einschnitte des Metalldeckels laufenden Stränge *p* und *q* übrig bleiben. Hat man die Länge des Schlauches passend gewählt, so wird, wenn der Apparat wie in Fig. 7 zusammengestellt ist, der Metalldeckel fest auf den abgeschliffenen oberen Rand des Röhrchens aufgedrückt und zwischen *a* und *c* wird, wenn man das Röhrchen beim Beginne des Versuches mit Blut zum Ueberfliessen voll gefüllt und das beim Aufdrücken des Deckels austretende vorsichtig abgesaugt hat, eine Blutsäule enthalten sein, deren Veränderungen während des Elektrisirens gleichmässig erfolgen. Endlich ist man, wie schon angedeutet wurde, wenn Versuche über die Eigenschaften des aufgehellten Blutes angestellt werden sollen, nicht der Gefahr ausgesetzt,

Digitized by Google

dass unverändert neben den Elektroden liegen gebliebene Blutkörperchen sich in die zu beobachtenden Vorgänge einmischen.

Man kann sich mit dem auf diese Weise durchsichtig gemachten Blute überzeugen, dass dasselbe noch ganz ähnliche Farbenveränderungen erleidet, wenn man es abwechselnd mit CO_2 und O oder atmosphärischer Luft behandelt, wie das unveränderte Blut.

Hat man arterielles Blut durchsichtig gemacht, so wird das hellrothe durchsichtige Blut durch Einleiten von CO_2 dunkelroth, fast schwarz und dichroitisch. Venöses Blut oder mit CO_2 künstlich dunkelroth und dichroitisch gemachtes Blut erscheint, auch nachdem es durch elektrische Schläge durchsichtig geworden ist, dunkelroth und dichroitisch. Wird nun Sauerstoff durchgeleitet oder wird es mit atmosphärischer Luft geschüttelt, so wird es hellroth und dem durchsichtig gemachten arteriellen Blute vollkommen gleich gefärbt.

Quantitative Versuche in Bezug auf das Verhalten des durchsichtigen und des unveränderten Blutes zu Gasen habe ich leider noch nicht anstellen können und das Vorstehende nur mitgetheilt, um daran das Verhalten des mit CO vergifteten Blutes zu knüpfen.

Schweine- und Kaninchenblut wurden mit einem reichlichen Strome von reinem Kohlenoxydgase behandelt, so lange bis weder O noch CO_2 die eigenthümliche Farbe des vergifteten Blutes mehr änderten.

Solches Blut wird in dem Röhrchen Fig. 7 noch gerade so durchsichtig, wie arterielles oder venöses Blut, es zeigt auch im durchsichtigen Zustande die eigenthümliche bläulichrothe Farbe des mit CO behandelten Blutes. In dem mit CO behandelten, nicht elektrisirten Blute findet man nun die Blutkörperchen ebenso, wie im frisch defibrinirten, entweder napfförmig oder maulbeerförmig, oder aber neben beiden oder einer der genannten Formen auch einige grosszackige.

Alle diese Blutkörperchen geben aber, wie früher die unvergifteten, genau dieselbe Reihe von successiven Veränderungen, wenn man sie während des Elektrisirens unter dem Mikroskope betrachtet.

Sie werden rosetten-maulbeerförmig, spitzen ihre Zacken in derselben Weise zu und ziehen dieselben in der Reihe nach ein, schliesslich gehen sie in gefärbte glatte Kugeln über und verblassen endlich. Auch das Verhalten der Geldrollen war dasselbe, wie im unvergifteten Blute.

Es wurden ferner Frösche in einem abgeschlossenen Volumen reinen Kohlenoxyds oder Leuchtgases erstickt und durch 12 Stunden darin liegen gelassen.

Das gesammelte und defibrinirte Blut derselben zeigte alle Erscheinungen der Kohlenoxydintoxication, nichtsdestoweniger veränderten sich die Blutkörperchen beim Elektrisiren unter dem Mikroskope noch genau so, wie die gesunder Frösche. Auch auf directe Wärmezufuhr reagiren die Froschblutkörperchen nach der Kohlenoxydintoxication noch in derselben Weise.

Die Blutkörperchen aus vergiftetem Säugethierblute zeigen ebenfalls auf Wärmezufuhr noch die successiven Veränderungen von der Napf- zur Maulbeer- und Kugelform, wie die Blutkörperchen aus frisch defibrinirtem Blute. Nach dem Erfolge dieser Versuche ist die Annahme einer Contractilität der rothen Blutkörperchen nicht zu begründen und die von Klebs ausgesprochenen Sätze: „die rothen Blutkörperchen der Säugethiere sind contractile Gebilde, die sogenannte Maulbeerform entspricht dem bewegten, die Backschüsselform dem unbewegten Zustande, das todte Blutkörperchen hat eine Kugelform"; kann man nicht als bewiesen gelten lassen.

Fragen wir uns, was ausser dem zuletztangeführten negativen Resultate sich aus der vorliegenden Reihe von Untersuchungen noch hervorheben lässt, dann ist Folgendes anzuführen:

1. Die als spontan (?) auftretende Formveränderung der rothen Blutkörperchen bekannte, sogenannte sternförmige Verschrumpfung derselben lässt sich, so oft man will, durch den Entladungsstrom an denselben hervorbringen. Sie ist das erste Stadium einer Reihe von Formveränderungen, welchen die elektrisirten Blutkörperchen anheimfallen. Die Ausscheidung des Hämatokrystallin hat mit dem Zackigwerden der Blutkörperchen nichts zu thun, die Krystallbildung erfolgt erst, nachdem die Blutkörperchen ihren Farbestoff unter dem Einflusse des elektrischen Stromes an das Serum abgegeben haben, also in einem weit späteren Stadium der Veränderung.

2. Die successiven Veränderungen, welche der Entladungsstrom an den rothen Blutkörperchen hervorbringt, erfassen nicht alle Blutkörperchen eines bestimmten Blutes gleichzeitig. Es haben vielmehr

Digitized by Google

die einzelnen Blutkörperchen eine verschiedene Resistenz. Es wird also die specifische Resistenz der Blutkörperchen einer bestimmten Blutprobe im Vergleiche mit einer anderen, wenn man dieselbe, wie wir es früher bei den Versuchen im Grossen gethan haben, misst durch die Anzahl von Schlägen, welche nothwendig sind, um zwei Blutsäulen von gleicher Länge und gleichem Querschnitt auf denselben Grad von Durchsichtigkeit zu bringen, immer nur den Werth einer Resultirenden aus der verschiedenen specifischen Resistenz der einzelnen Blutkörperchen haben. So wie beim Frieren des Blutes oder bei der Entgasung (Preyer, über Bindung und Ausscheidung der Blutkohlensäure etc. Berichte der Wiener Akamie, Bd. XLIX, p. 49 u. d. f.) eine Anzahl von Blutkörperchen desselben Blutes jenen zerlegenden Einflüssen früher unterliegt, als die übrigen, so zeigt sich das auch bei der Einwirkung des elektrischen Stromes.

3. Ehe die Blutkörperchen sich unter dem Einflusse elektrischer Schläge entfärben, also ehe noch eine Zerlegung in die zwei schon früher für die Blutkörperchen unterschiedenen Bestandtheile in die färbende Substanz und das Stroma eingetreten ist, verhalten sich die elektrisirten Blutkörperchen wie Tropfen einer mit Wasser nicht mischbaren Substanz. Sie fliessen, wenn sie die successiven Formveränderungen bis zur gefärbten Kugel durchlaufen haben, in einander und bilden grössere Kugeln. Der Kern kann einen solchen Tropfen verlassen, ohne dass der letztere an Färbungsintensität oder Schärfe der Begrenzung plötzlich etwas einbüssen würde.

Die Entfärbung erfolgt vielmehr oft erst lange, nachdem der Kern herausgetreten oder das Ineinanderfliessen stattgefunden hat, ganz allmälig und die verblassten Ueberreste, die Stromata ahmen noch genau die Form der gefärbten Tropfen nach.

4, Innerhalb des Gefässsystems lebender Thiere lassen sich Formveränderungen der rothen Blutkörperchen, wie sie durch elektrische Schläge an denselben erzeugt werden, nicht nachweisen.

In den Capillaren der Froschschwimmhaut erleiden die Blutkörperchen nur passive Formveränderungen, die bekannten Dehnungen und Biegungen.

Digitized b

Diese passiven Formveränderungen der rothen Blutkörperchen ereignen sich in den Capillaren der Froschschwimmhaut verhältnissmässig selten, im Vergleiche mit den Formveränderungen, welche die Blutkörperchen im Mesenterium von Säugethieren (Meerschweinchen) erleiden. Man überzeugt sich aber auch hier, dass die mannigfachen Formwechsel der rothen Blutkörperchen nur passiver Natur sind.

5. Sowohl arterielles, wie auch venöses Blut macht der Entladungsstrom durchsichtig.

Das durchsichtige Blut zeigt abwechselnd mit CO_2 oder O behandelt noch ganz dieselben Farbenveränderungen, wie das unveränderte defibrinirte Blut. Die Form der Blutkörperchen macht sich nur in soferne geltend, als sie das helle Roth des arteriellen Blutes im reflectirten Lichte bedingt. Qualitativ ändert sich das Verhalten des elektrisirten Blutes zu O und CO_2 nicht und finden sich diese Thatsachen in Uebereinstimmung mit den vorliegenden Erfahrungen an gewässertem Blute.

6. Mit Kohlenoxyd gesättigtes Blut wird durch den Entladungsstrom ebenfalls vollständig durchsichtig. Unter dem Mikroskop zeigen die Körperchen solchen Blutes noch dieselben successiven Formenwechsel, wie die unveränderten Blutkörperchen.

7. Eine Erklärung der Wirkung des Entladungsstromes auf das Blut fehlt noch. Gewiss ist aber, dass man sich nicht vorstellen kann, dass die Blutkörperchen grob mechanisch zerrissen oder zerschlagen werden, wenn die Entladung durch das Blut geht. Die unter dem Mikroskop zu beobachtenden und mit so grosser Regelmässigkeit auftretenden successiven Formveränderungen der elektrisirten Blutkörperchen weisen vielmehr auf eigenthümliche Anordnungen innerhalb des Blutkörperchens hin, welche der mikroskopischen Analyse entrückt sind und deren Beziehungen zu den Leistungen des Blutkörperchens noch nicht im Entferntesten abgesehen werden können, für deren weitere Aufdeckung uns aber jedenfalls der Entladungsstrom als ein fortgesetzter Prüfungen werthes Untersuchungsmittel erscheinen muss.

Digitized by Google

XXXV.

Vorläufige Mittheilung einiger Versuche mit der Calabarbohne.

Von

M. Vintschgau,

Professor in Padua [1]).

Durch die Untersuchungen von Fraser, Christison, Soelberg Wels und von vielen anderen hat sich die Aufmerksamkeit der Augenärzte seit kurzer Zeit auf ein neues Arzneimittel gerichtet, nämlich auf die Calabarbohne, welche die merkwürdige Eigenschaft besitzt, bei ihrer topischen Anwendung auf das Auge die Verengerung der Pupille zu bewirken.

Es liegt gegenwärtig nicht in meiner Absicht, alles in Erinnerung zu bringen, was man bis jetzt über die botanischen und physiologischen Eigenschaften dieses mächtigen Giftes kennt, wohl aber eine kurze Nachricht von einigen Versuchen, die ich mit zwei Candidaten der Medicin, den Herren Pasqualigo und Vicentini, sowohl mit dem Extract, wie auch mit dem zubereiteten Papier angestellt habe, mitzutheilen.

Ich wollte zuerst erforschen, was für eine Wirkung das Extract auf Frösche haben würde, indem Kaninchen und Vögel schon von Fraser der Untersuchung unterzogen worden waren; allein ich erzielte keinen Erfolg; es scheint, dass diese Thiere das Gift sehr leicht vertragen können. Ich gab den Fröschen das Ex-

---

[1]) Aus den *Atti dell' Istituto veneto di scienze, lettere ed arti* vom Herrn Verfasser mitgetheilt und aus dem Italienischen übersetzt.

Digitized by Google

tract in kaltem Alkohol aufgelöst, oder ich löste dasselbe im warmen Alkohol auf und verabreichte es nach dem Erkalten; allein sei es nun, dass die Auflösungen durch den Mund oder aber hypodermisch beigebracht wurden, ich konnte keine anderen Erscheinungen beobachten, als die der Alkoholvergiftung, so dass mehrere Frösche, wenn jene Wirkung vorüber war, sich recht bald erholten. Um jedoch jede Ursache einer Täuschung auszuschliessen, reichte ich mehreren Fröschen von demselben Alkohol dar, welcher zur Bereitung der alkoholischen Lösung gedient hatte, und die Thiere zeigten dieselben Erscheinungen, wie früher.

Das Extract wurde in destillirtem Wasser suspendirt, und dann den Fröschen beigebracht, aber umsonst, denn die Thiere blieben am Leben.

Nachdem ich sah, dass es auf diese Art unmöglich war, einen Frosch zu vergiften, und weil ich die dargereichte Giftmenge nicht bestimmt hatte, während ich noch immer hoffte, zu einem positiven Resultate zu gelangen, so legte ich unter die Rückenhaut eines Frosches eine Extractmenge, die gewiss nicht geringer war als 20 Milligr., aber vergebens, er zeigte keine Erscheinung und am folgenden Tag war er so munter und frisch, als ob ihm gar nichts geschehen wäre.

Einem zweiten Frosch wurden durch den Mund 25, einem dritten 35 Milligr. beigebracht, beide aber boten keine besonderen Erscheinungen dar.

Ich fürchtete, dass das Extract schlecht wäre und träufelte daher einen Tropfen der alkoholischen Lösung in das Auge eines Kaninchens und es erfolgte eine deutliche Verengerung der Pupille. Noch konnte der Zweifel bleiben, dass das von mir besessene Extract eine zu geringe Menge der wirksamen Substanz enthielte, welche von Jobst und Hesse Physostigmin genannt wurde, und daher wiederholte ich die Versuche an zwei jungen Hühnern.

Die verschiedenen alkoholischen Extracte, die zu den Versuchen an Fröschen gedient hatten, wurden zusammengemischt; ein Theil wurde einem jungen Huhne beigebracht, und es war in 22 Minuten todt.

Weil ich aber die dargereichte Menge nicht kannte, und fürchten musste, dass der Alkohol geschadet haben könnte, so legte ich

Digitized by Google

in den Schlund eines anderen Huhnes genau 25 Milligr. des Extractes und auch dieses starb nach 17 Minuten.

Diese Versuche zeigten hinreichend, dass das Extract ganz gut war, und dass die Frösche eine beträchtliche Menge des Giftes vertragen können; ich wage jedoch noch nicht zu behaupten, dass für diese Thiere die Calabarbohne unschädlich sei, indem es nöthig wäre, die Versuche mit einer grösseren Dosis des Extractes oder mit dem Physostigmin zu wiederholen, was mir aber nicht möglich war.

Beide Hühner boten die nämlichen Vergiftungs-Erscheinungen dar. Das Thier kann sich, 10 bis 15 Minuten nach der Darreichung des Giftes, nur mit Mühe auf den Beinen erhalten; und so oft es einen Schritt machen will, fällt es nieder; aufgehoben, trachtet es sich wieder niederzulassen; später fängt es an Schlingbewegungen zu machen, an dem Schnabel erscheint schaumiger Speichel, dessen Menge sich nach und nach vermehrt. Die Kräfte sinken fortwährend, wodurch das Thier zu Boden fällt, und aufgehoben fällt es neuerdings; zuletzt erscheinen beträchtliche tetanische Krämpfe und das Thier stirbt, wie ich früher sagte, in dem kurzen Zeitraume von 17 Minuten nach Beibringung des Giftes.

Ich habe nachher meine Aufmerksamkeit der Wirkung der Calabarbohne auf die Regenbogenhaut zugewendet und die Resultate meiner verschiedenen Versuche sind folgende:

Wie ich keine besondere allgemeine Erscheinung bei der Darreichung des Giftes bei den Fröschen beobachtet hatte, so konnte ich auch keine Veränderung in der Grösse der Pupille wahrnehmen. Sowohl bei den Fröschen, welchen das Extract dargereicht wurde, als bei denjenigen, unter deren Nickhaut ein oder mehrere Vierecke des zubereiteten Papiers gelegt wurden, war es nicht möglich, irgend eine Veränderung in der Grösse der Pupille wahrzunehmen.

Dasselbe gilt ebenfalls von den jungen Hühnern; in die Augen von zweien dieser Thiere legte ich nach einander zwei solche Vierecke, die Pupille aber änderte ihren Durchmesser nicht, und dadurch wurde die Beobachtung von Bacchetti und Regnoli bestätigt; bei den zwei mit dem Extract vergifteten Hühnern konnte ich weder vor, noch

Digitized by Google

nach dem Tode irgend eine Veränderung in dem Durchmesser der Pupille beobachten.

Bis jetzt, soviel mir bekannt, hat man bloss mit dem mit Calabar zubereiteten Papier bei Menschen und Kaninchen Versuche angestellt, aber der gleiche Erfolg wird bei Katzen, Hunden und Meerschweinchen erzielt, nämlich die Verengerung der Pupille.

Die Beweglichkeit der Iris nach der Wirkung der Calabarbohne ist sehr verschiedenartig, und diese Verschiedenheit scheint mit der ursprünglichen Beweglichkeit der Iris im Verhältniss zu stehen. In der That genügt bei Kaninchen oft ein einzelnes Viereck, damit die Pupille sich im Dunkeln nicht erweitere oder durch das Licht sich noch mehr verengere; bei den Katzen aber konnte ich die Unbeweglichkeit der Iris weder durch die Anwendung von zwei Vierecken nach einander, noch bei der gleichzeitigen von drei Vierecken erzielen.

Die Zeit, in welcher man bei den Kaninchen die Myosis zu beobachten anfängt, ist verschieden; man kann jedoch im Allgemeinen sagen, dass diese Zeit nicht geringer als 8 und nicht grösser als 26 Minuten sei.

Es war interessant zu erforschen, welche Wirkung die Bohne haben würde, wenn der Sympathicus durchschnitten ist; die angestellten Versuche haben mir gezeigt, dass gleich nach der Durchschneidung des Sympathicus am Halse und der Herausnahme eines ein Cm. langen Stückes, nach zwei, ja selbst nach 50 Tagen die Anwendung des mit Calabar zubereiteten Papieres die Myosis im Auge der operirten Seite erzeugte.

Wenn ich gleichzeitig ein Viereck in das Auge der operirten Seite und eines in das andere Auge legte, so bemerkte ich, dass im ersteren die Myosis früher ihr Maximum erreichte, als im zweiten; der Unterschied betrug wohl nur wenige Minuten, aber war doch auffallend genug, um erkannt zu werden; ausserdem bemerkt man, dass die Pupille der operirten Seite enger ist, als die der anderen. eine Beobachtung, welche schon von Donders gemacht worden ist.

Wenn man mit elektrischen inducirten Strömen den peripherischen Stumpf des durchschnittenen Sympathicus reizt, nachdem man in das betreffende Auge bald die Hälfte, bald ein, bald zwei, oder auch mehr

Digitized by Google

Vierecke des zubereiteten Papieres eingelegt hat, konnte ich im Allgemeinen beobachten, dass die Intensität der Wirkung der Calabarbohne nicht bei allen Thieren gleich ist.

Bei den Kaninchen, die am meisten zu den Versuchen angewendet worden sind, hatte ich Gelegenheit zu beobachten, dass bei dem Einlegen auch eines einzelnen Viereckes die Iris für eine kürzere oder längere Zeit so unbeweglich wurde, dass auch der stärkste elektrische Reiz, den ich anwenden konnte, ohne befürchten zu müssen, den Nerven zu zerstören, nämlich wenn die inducirte Rolle des Schlittenapparates von Du-Bois 4 Cm. von der inducirenden entfernt, und wenn in dieser alle Eisenstäbe vorhanden waren, nicht im Stande war, auch den geringsten Grad von Mydriasis zu erzeugen; bei anderen Kaninchen dagegen genügte es, denjenigen Reiz zu verstärken, welcher vor der Wirkung der Bohne eine Mydriasis in der gesunden Iris erzeugt hatte, um eine Erweiterung der Pupille zu erzeugen; sie erreichte jedoch niemals diejenige Grösse, welche sie ohne die Wirkung der Calabarbohne hätte erreichen können. Diese Beobachtungen gelten insbesondere für denjenigen Zeitraum, in welchem das zubereitete Papier seine höchste Wirkung entfaltet.

Donders, welcher nur einen Versuch an Kaninchen angestellt zu haben scheint, erhielt die Pupillenerweiterung, Rosenthal zufolge einer kurzen Anmerkung am Ende einer Arbeit von Hirschmann: „Zur Lehre von der durch Arzneimittel hervorgerufenen „Myosis und Mydriasis“ wendete das Extract an, und konnte keine Erweiterung oder wenigstens nur eine sehr schwache beobachten.

Ich konnte bis jetzt nur zwei Versuche an Katzen anstellen, und die Erfolge waren ganz verschieden; bei der einen war die Reizung des Sympathicus nach Einlegung dreier Vierecke nicht im Stande, eine Erweiterung der Pupille zu bewirken, obwohl diese zu einer schmalen Linie reducirt war; bei der anderen, obwohl mehrere Vierecke hintereinander und mehrere Tropfen der alkoholischen Lösung eingeführt wurden, und obwohl die Pupille bis auf eine schmale Linie sich verengert hatte, war doch dieselbe Reizungsstärke, die schon vor der Anwendung der Calabarbohne eine Erweiterung verursachte, hinreichend, um eine sehr schwache Mydriasis zu erzeugen.

Digitized by Google

In diesen beiden Thieren bemerkte ich, nachdem sie erwürgt worden, die Mydriasis in beiden Augen, jedoch jene der Pupille des Auges, in welchem die Bohne eingewirkt hatte, war eine geringere.

Diese beiden Versuche im Verein mit jenen, die bei Kaninchen angestellt worden sind, scheinen mir zu zeigen, dass die Intensität der Wirkung derselben Menge von Calabarbohne nicht gleich für die Iris der verschiedenen Thiere ist, ein Unterschied, welcher wahrscheinlich von der verschiedenen Empfänglichkeit derselben für das Gift abhängt.

Digitized by Google

XXXVI.

Ueber einige der physiologischen Akustik angehörige Erscheinungen.

Von

Dr. Ernst Mach [1]).

Die folgenden Zeilen beschäftigen sich mit einer Reihe von Erscheinungen, welche, so viel mir wenigstens bekannt ist, theils von mir zuerst beobachtet, theils aber von neuen Gesichtspunkten aus betrachtet wurden.

I. Ein durch die Kopfknochen zum Gehörorgane geleiteter Schall wird bei geschlossenen Gehörgängen stärker empfunden. Dieses von Lucae [2]) „Verstärkung der Knochenleitung" genannte Phänomen ist zwar so gewöhnlich und auffallend, dass es nicht leicht einem Beobachter entgehen kann, doch haben erst E. H. Weber [3]) und Wheatstone [4]) dasselbe einer ausdrücklichen Erwähnung werth gefunden.

Der genauere Hergang, wie er sich mir und einigen zu Rathe gezogenen Beobachtern darstellt, ist folgender. Eine mit den Zähnen

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

[2]) Lucae, Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1863. Nr. 40 und 41.

[3]) Weber, Programm, coll. 42.

[4]) Wheatstone, Quarterly Journ. of Sc. vol. II. N. Sér. 1827.

Digitized by Google

gefasste Stimmgabel, gleichgültig von welcher Tonhöhe, erklingt in einem stärkeren und volleren [1]) Tone, sobald ich meine Finger nur ganz nahe an die Gehörgänge bringe. Leichtes Schliessen ohne Druck verstärkt den Ton noch mehr. Bei stärkerem Drucke wächst anfangs ein klein wenig die Intensität, nimmt aber bei noch weiter wachsendem Druck immer mehr ab und ich kann zuletzt den Ton so zu sagen vollständig erdrücken [2]). Gleichzeitig wird der Klang leer und zieht scheinbar in die Höhe.

Eine Erklärung des Vorganges habe ich bereits in einer früheren Abhandlung versucht [3]). Es zeigt sich nämlich, dass man auf schallende, überhaupt auf schwingende Körper, demnach auch auf das Ohr einige Betrachtungen anwenden kann, die sonst nur in der Licht- und Wärmelehre gebräuchlich sind.

Denkt man sich eine Reihe von schwingungsfähigen Massen, zum Theil in Verbindung, in ein widerstehendes Medium eingetaucht, so erhält man für kleine Schwingungen dieses Systems eine Anzahl linearer Differentialgleichungen. Denkt man sich nun das Medium in einem permanenten Schwingungszustand von bestimmter Periode, so stellt sich alsbald ein dynamischer Gleichgewichtszustand her, indem das eingetauchte System ebenfalls in permanente Schwingungen von derselben Periode geräth. Dasselbe gilt analog, wenn das Medium Schwingungen von mehreren verschiedenen Perioden gleichzeitig ausführt. Und das Gesetz gilt darum für alle Perioden (alle Sinusschwingungen) zusammen, weil es für jede einzelne Periode (Sinusschwingung) gilt. Bei dieser permanenten Schwingungsweise (von constanter Amplitüde) kann man sich nun vorstellen, dass weder das eingetauchte System an das Medium, noch umgekehrt, lebendige Kraft abgiebt, oder wenn man lieber will, dass beide fort und fort gleiche lebendige Kräfte austauschen. Es gilt also für solche schwingende

---

[1]) Voll nenne ich nach Helmholtz einen Klang, bei dem der Grundton die Obertöne überwiegt; leer ist der Klang im umgekehrten Falle.

[2]) Lucae a. a. O. giebt dagegen an, dass der Ton bei stärkerem Druck zwar schwächer werde, aber immer noch stärker bleibt, als bei offenem Ohre.

[3]) Diese Zeitschrift, IX, S. 298 u. folg.

Digitized by Google

Bewegungen das Gesetz der Gleichheit des Absorptions- und Emissionsvermögens [1]).

Man kann ferner zeigen, dass ein Körper desto leichter und rascher seine Schwingungen an das umgebende Medium abgiebt, je leichter und rascher er solche von eben diesem Medium aufzunehmen vermag, und je mehr umgekehrt seine Bewegungsweise von der Bewegungsweise des Mediums regiert wird. Je leichter das Flügelrad einer Windmühle von der Luft in Bewegung gesetzt wird, desto leichter wird es umgekehrt die Luft in Bewegung setzen und dadurch umgekehrt seine etwa erlangte Eigenbewegung verlieren [2]).

Ich glaube nun, dass diese Betrachtungen zugleich die Erklärung der „Verstärkung der Knochenleitung" einschliessen. Wird der Gehörgang geschlossen, so ist das Ohr weniger fähig Schall von aussen aufzunehmen, dafür aber in gleichem Maasse unfähiger, von anderer Seite her zugeführten Schall nach aussen abzugeben. Fast gleichzeitig mit meiner oben erwähnten Abhandlung erschien jedoch ein Aufsatz von Lucae [3]), in welchem eine andere Erklärung aufgestellt wird. Lucae findet bei Verschluss des Gehörorganes ein Dumpferhören, das mir nie vorgekommen ist. Die Ursache dieses Dumpferhörens schreibt er der vermehrten Spannung und behinderten Schwingung des Trommelfelles zu. Die Ursache des Stärkerhörens jedoch sucht er, durch seine Versuche bestimmt, in der mit dem Verschlusse gleichzeitig eintretenden Druckveränderung im Labyrinth.

Die Versuche von Lucae sind so nett beschrieben, dass man die Richtigkeit und Klarheit der Ergebnisse nicht gut bezweifeln kann, so lange eben keine widersprechenden Beobachtungen vorliegen. Dennoch scheint mir noch manches zu bedenken. Ich glaube nämlich, dass der von mir betonte Umstand wenigstens einen sehr bedeutenden Antheil an der Erscheinung hat. Lassen wir das Experiment sprechen.

Alles was das Lumen des Gehörorganes verkleinert ohne ihn zu schliessen, also ohne irgend eine Druckveränderung hervorzubringen,

---

[1]) Vergl. Mach, vorläufige Bemerkungen, betreffend das Licht glühender Gase. Schlömilch's Zeitschr. 1864.

[2]) Zur Theorie des Gehörorgans. Im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift.

[3]) Lucae a. a. O.

Digitized by Google

bewirkt schon Verstärkung der Knochenleitung. Sehr wirksam ist schon ein leicht angelegtes steifes Papierblättchen oder ein in die Gehörgänge eingeschobenes kurzes Gummiröhrchen. Dieses Röhrchen kann man successive langsam zudrücken, ohne es vollständig zu schliessen und die gleichzeitige Verstärkung des Tones beobachten. Hier wirkt also offenbar bloss der Verschluss ganz ohne Spannungs- oder Druckveränderung.

Dass aus dem Gehörgange wirklich eine ziemlich bedeutende Schallquantität entweicht, welche beim Verschluss zurückgehalten wird, habe ich bereits früher erwähnt [1]). Man erhält hübsche Erscheinungen, wenn man den Verschluss durch Röhren von verschiedener Länge bewirkt, welche aus einem Gehörgang in den andern führen. Diese Röhren verstärken je nach ihrer Länge in verschiedenem Grade den Ton der an die Zähne gesetzten Stimmgabel. Da es mir nicht gelungen ist, ein einfaches Gesetz zu finden, so führe ich bloss ein Beispiel an. Fasst man eine Gabel, die das gewöhnliche Stimm-*a* giebt, mit den Zähnen und führt aus einem Gehörgang in den andern eine Röhre von 18″ Länge und 0·25″ Durchmesser, so erhält man eine Verstärkung, eine Schwächung aber fast bis zum Erlöschen des Tones, wenn man die Röhre in der Mitte zudrückt. Es liegt sehr nahe, hiebei an Interferenzen zu denken [2]).

Den Einfluss des Druckes auf das Trommelfell, eventuell auf das Labyrinth, habe ich auf eine besondere Weise untersucht. Von einer Handluftpumpe führte eine mit dem Quecksilbermanometer versehene, in zwei Zweige getheilte Gummiröhre luftdicht in beide Gehörgänge, jedoch ohne dieselben zu drücken oder sonst zu deformiren. Der Druck wurde successive bis auf zwei Zoll Quecksilber gesteigert. Die Töne aller von mir untersuchten Stimmgabeln, die ich mit den Zähnen

---

[1]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie, 1862.

[2]) Ein Experiment, welches ich vor einem Jahre etwa zehnmal mit Herrn Popper, Eleven des physikalischen Institutes, ganz unzweideutig erhielt, und welches ich auch in meiner erwähnten Abhandlung anführe, wollte mir nicht wieder gelingen. Ich meine die Schwächung des Schalles durch eine Verbindungsröhre zwischen beiden Gehörgängen. Ich muss also damals wohl einen mitspielenden Umstand übersehen haben.

Digitized by Google

fasste, wurden hiebei schwächer, leer, zogen etwas in die Höhe und erloschen ganz, bevor noch der Druck von zwei Zoll erreicht war.

Mein Freund E. Krischek, Professor am Gymnasium zu Graz, fand die Erscheinung genau so wie ich. Sie dürfte auf der vermehrten Spannung und verminderten Schwingungsfähigkeit des Trommelfelles beruhen. Welche Rolle dabei der veränderte Druck im Labyrinth für sich spielt, lässt sich nicht wohl entscheiden, da man auf das Labyrinth allein nicht gut einen Druck ausüben kann. Das aber scheint mir klar, dass die Verstärkung des Tones bei stärkerem Zudrücken der Gehörgänge nicht von einem Druck auf das Trommelfell und mittelbar auf das Labyrinth herrühren kann, indem der Druck mit der Luftpumpe gerade die entgegengesetzte Wirkung hat. Der Druck mit den Fingern verstärkt wahrscheinlich nur so lange, als er das Lumen des Gehörganges verkleinert oder denselben deformirt. Sobald die Spannung des Trommelfelles beginnt, wird der Ton schwächer.

Ich zweifle nicht, dass Lucae durch Druckveränderungen im Labyrinth Veränderungen der Hörfähigkeit erzielt hat und werde selbst eine Beobachtung anführen, welche hiefür spricht, doch scheint mir die Druckveränderung bei der Verstärkung der Knochenleitung gar keine oder nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Vorläufig kann ich also bei meiner Erklärung stehen bleiben [1]).

Betrachten wir nun noch die interessanten, von Lucae mitgetheilten pathologischen Beobachtungen.

„1. Das Phänomen (der Verstärkung der Knochenleitung) fehlte regelmässig:

a) Bei grossen Trommelfelldefecten und durchgängiger Tuba (mit Section).

b) Bei vollständiger Obturation des Gehörganges durch Cerumen (mit Section).

c) Bei chronischem Tubenkatarrh (ohne Section).

2. Das Phänomen war mehr oder weniger vollständig vorhanden:

---

[1]) Früher trat ich einer Erklärung von Rinne entgegen. Dieselbe ist jedoch, wie ich jetzt finde, der meinigen verwandter, als ich anfangs dachte.

a) In Fällen ohne nachweisbare wesentliche Veränderung im äusseren und mittleren Ohre (nur viermal ohne Section beobachtet).

b) Bei kleinen Trommelfelldefecten (mit Section).

c) Bei grösseren oder Totaldefecten des Trommelfelles und undurchgängiger Tuba (mit Section).

3. Das Phänomen fehlte oder es fand sogar eine Abnahme der Intensität statt:

a) Bei Adhäsion des Trommelfelles am Promontorium (mit Section).

b) Bei Ankylose des Steigbügels im ovalen Fenster (mit Section).

c) Bei Ankylosirung sämmtlicher Gehörknöchelchen (mit Section).

d) Bei Obturation der Nische des runden Fensters durch Bindegewebe (mit Section), vollständiges Verschwinden des Tones. vgl. Exp. B. 2 am todten Gehörorgane.

Einige von diesen Fällen würden sich, meiner Ansicht nach, ziemlich einfach erklären. Das Trommelfell erleichtert die Schallaufnahme sowohl als die Abgabe. Wo dasselbe wie in 1a fehlt, kann der Unterschied zwischen der Schallabgabe nach aussen bei offenem und geschlossenem Gehörorgane nur sehr gering sein, weil diese Abgabe überhaupt gering ist. Der Fall 1b scheint mir selbstverständlich. Es wird nämlich durch den Versuch kein Umstand verändert.

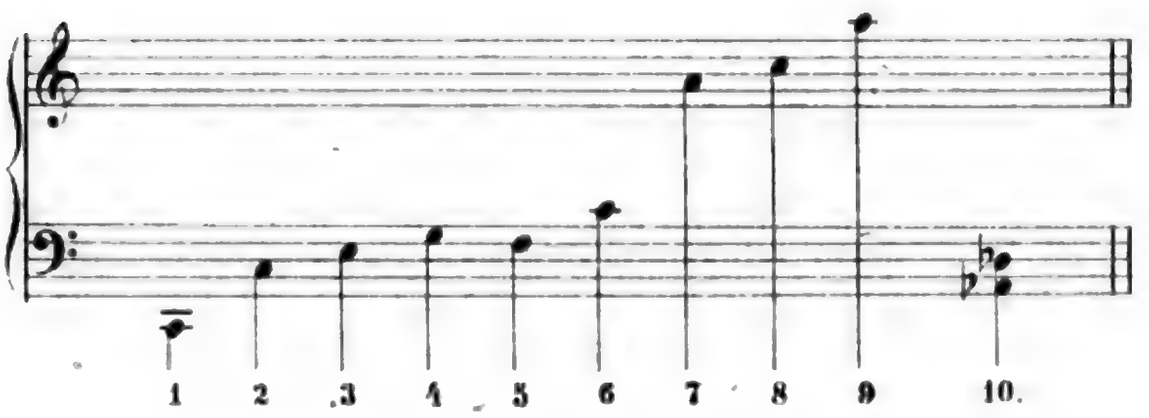
Dass das Phänomen in den Fällen 3, in welchen der Gehörapparat eine sehr geringe Schwingungsfähigkeit hat, fehlte, erklärt sich nach meiner Ansicht ebenfalls sehr leicht. In diesen Fällen geht durch den Gehörgang immer nur eine kleine Quantität Schall in's Freie. Es ist also gleichgültig, ob derselbe offen oder geschlossen ist. Ausserdem wird die Unterscheidung durch die gleichzeitige Schwerhörigkeit, die eben auf der Schwingungsunfähigkeit beruht, sehr erschwert [1]).

---

[1]) Zur Theorie des Gehörorgans, a. a. O., habe ich gezeigt, dass es physikalisch höchst wahrscheinlich ist, dass die Gehörknöckelchen wirklich schwingen und nicht Schallwellen leiten. Die Fälle von sehr hartnäckiger Schwerhörigkeit bei Ankylose des Steigbügels mit dem ovalen Fenster, wobei das Eindringen von Schallwellen in die Labyrinthflüssigkeit keineswegs gehindert ist, beweisen ganz exact, dass die Schwingung der Knöchelchen zum Hören nothwendig sei.

Digitized by Google

Schliesslich gebe ich noch die Töne der von mir in diesen und in den folgenden Versuchen benützten Stimmgabeln.



Alle Versuche wurden mit allen Gabeln 1—9 ausgeführt und etwa ein halbes Jahr später mit den Gabeln 5, 7, 8, 9 wiederholt. Die Töne 10 gehören einer Glocke an, von der später die Rede ist.

II. Wer die vorhin erwähnten Versuche mit gespannter Aufmerksamkeit ausführt, findet noch einige Eigenthümlichkeiten an dem Klange einer an die Zähne gesetzten Stimmgabel. Bei ganz leichtem Verschluss der Gehörgänge bemerkt man abwechselnd ein leichtes Anschwellen und Nachlassen des Tones, gleichzeitig ein Voller- und Leererwerden. Wie sich bei näherer Untersuchung zeigt, fällt die Periode dieses Wechsels genau mit dem Rhythmus des Pulses zusammen. Besonders auffallend ist die Erscheinung bei etwas aufgeregtem und vollem Pulse. Es gelang mir jedoch nicht, festzustellen, ob das Vollerwerden des Klanges mit dem Anschwellen zusammenfällt oder umgekehrt. Die Anschwellung fällt jedoch entschieden auf die Systole.

Sobald man dieses Schwanken des Klanges einmal gehört hat, findet man es bei hinreichender Aufmerksamkeit an jedem Klange wieder. Ich höre nun das Anschwellen und Nachlassen auch an einer Stimmgabel, die ich mir einfach vor das Ohr halten lasse, und zwar so deutlich, dass ich nach dem blossen Gehör sofort den Rhythmus meines Pulses angeben kann.

Eine Erklärung habe ich nicht. Die Erscheinung könnte aber wohl mit einer Druckveränderung im Labyrinth zusammenhängen.

Digitized by Google

III. Wenn man die Gehörgänge leicht mit den Fingern schliesst, giebt die Stimmgabel an den Zähnen einen fast constanten, vollen nur leicht anschwellenden und abnehmenden Ton. Bei stärkerem Druck gesellt sich hierzu ein eigenthümliches Zittern des Tones, welches etwa in 8—9 Tonstössen in der Secunde besteht. — Entfernt man die Stimmgabel, so hört man bloss die Blutgeräusche. Ueber den Pulsschlägen macht sich aber ein zitterndes Geräusch geltend von demselben Rhythmus, wie das Zittern des Tones. Herr Professor Pless, dem ich dieses Experiment mittheilte, hat mich zuerst auf das Zusammenfallen der beiden Rhythmen aufmerksam gemacht. Ich habe die Beobachtung nachher immer bestätigt gefunden. — Bei sehr starkem Druck wird der Stimmgabelton wieder glatter und verschwindet zuletzt ganz.

Eine Erklärung ist mir bisher nicht gelungen. Die Erscheinung macht ganz den Eindruck, als ob in dem Gehörorgane etwas schlotterig würde und dadurch der Ton zum Zittern käme.

Man könnte die sub I, II, III angeführten Phänomene als Analoga der entoptischen Erscheinungen betrachten und demgemäss in eine Classe zusammenfassen.

IV. Bereits in drei älteren Abhandlungen [1]) habe ich den von Doppler zuerst aufgestellten Satz, welcher eine Abhängigkeit der Tonhöhe von der Geschwindigkeit der Tonquelle ausspricht, nach verschiedenen Richtungen hin theoretisch und experimentell geprüft. Es zeigt sich nun, dass die Tonhöhe scheinbar nicht nur von der Geschwindigkeit $\left(\frac{de}{dt}\right)$, sondern auch von der Entfernung *(e)* und der Intensität abhänge, in der Weise, dass ein aus grösserer Entfernung kommender oder ein schwächerer Ton mit einem näheren oder stärkeren von gleicher Beschaffenheit verglichen, stets höher erscheint. Ich kenne die Erscheinung seit etwa zwei Jahren, wie ich glaube, ziemlich vollständig, und habe die Beobachtung auch bereits vor längerer Zeit Herrn Professor Ludwig mitgetheilt, der sie gelegentlich bestätigt

---

[1]) Mach, Uber die Aenderung des Tones und der Farbe durch Bewegung. Sitzb. d. Wien. Akad. 1860. Controverse zwischen Doppler und Petzval. Schlömilch's Zeitschr. 1861. — Pogg. Ann. 1863.

Digitized by Google

fand; doch haben mich zwei kürzlich erschienene Notizen veranlasst, dieselben nochmals genauer zu studiren.

Sidney Ringer [1]) veröffentlicht in Pogg. Ann. eine Untertersuchung über die Aenderung der Tonhöhe bei Leitung von Tönen durch verschiedene Medien. Manche Medien erhöhen den Ton bei der Durchleitung, andere vertiefen ihn, sagt Ringer. Wenn ich auch nicht auf die zum Theil sehr unphysikalischen Ansichten Ringer's eingehen kann, so scheint er mir doch eine sehr richtige Beobachtung gemacht zu haben, indem er sagt:

„Bei allen den Versuchen, bei welchen die Tonhöhe durch Leitung erhöht war, fand sich die Tonstärke vermindert proportional dieser Erhöhung; und sonach scheint es, dass alle Körper die Tonhöhe erhöhen proportional der Schwierigkeit, mit der sie Schwingungen aufnehmen und fortleiten."

Die Abhandlung enthält ausserdem zwei werthvolle Bemerkungen. Die erste bezieht sich auf das Echo eines musikalischen Tones, welches nach Ringer höher erscheint als dieser. Die zweite ist eine Mittheilung von Dr. Wylde. Nach Wylde ist es den Musikern längst bekannt, dass ein schwacher Ton sich als etwas höher gestimmt erweise.

Dr. Stricker [2]) aus Frankfurt a. M. theilt mit, dass er oft aus grösserer Entfernung nur das helle Geräusch der Wagen, in der Nähe dagegen nur den tiefern Hufschlag der Pferde gehört habe. Dass der Hufschlag nur momentan, das Geräusch aber constant ist, kann, wie Dr. Stricker selbst bemerkt, keine genügende Erklärung begründen, um so weniger, da ich gefunden habe, dass man fast ganz allgemein auch bei durchaus constanten Tonen aus der Entfernung nur die höheren, in der Nähe nur die tieferen hört. Dies ist namentlich an Stimmgabeln und Glocken leicht zu beobachten.

Die Erfahrungen, welche *ich selbst gesammelt* habe, stimmen nun zu den Angaben Ringer's und Stricker's sehr gut. Ich stellte Versuche an mit Stimmgabeln, Zungenpfeifen, gedeckten und offenen

---

[1]) Sidney Ringer, Pogg. Ann. 1863. Nr. 4.

[2]) Stricker, Pogg. Ann. 1864. Nr. 2.

Digitized by Google

Labialpfeifen mit den Tönen der Violine und mit den nach der Methode von Helmholtz [1]) hergestellten sogenannten einfachen Töne. und zwar mit einer bedeutenden Anzahl sehr verschiedener Tonhöhen. Stets zeigte sich bei Entfernung des Tonwerkzeuges eine Erhöhung des Tones. Die Erscheinung ist so täuschend, dass einmal ein sehr feiner Musiker, dem ich ein Experiment producirte, mir erklärte, die Stimmgabel klinge in der Entfernung einen halben Ton höher. Erst später bemerkte er die Täuschung. Auch an der grossen Schlossbergglocke zu Graz habe ich dieselbe Beobachtung gemacht. Sie klingt am Fusse des Schlossberges bedeutend höher, als oben am Fusse des Glockenthurms. Sie giebt nach der Bestimmung des Herrn Dr. Wilhelm Mayer, Directors des steiermärkischen Kunstvereins, die Töne 10 in der obigen Notenangabe. Man hört in der Nähe deutlicher as, in der Entfernung deutlicher des.

Dasselbe was die Entfernung der Tonquelle bewirkt auch die Schwächung des Tones. Ich führe zwei kurze weiche Gummiröhren in die Gehörgänge ein. Wenn ich die offenen Mündungen mit den Fingern langsam zudrücke, so höre ich natürlich die Töne von Stimmgabeln, Glocken, Labialpfeifen, Violinen, Clavieren, Zungenpfeifen schwächer und in gleichem Maasse höher. — W. Weber [2]) bemerkt, dass der Ton einer Stimmgabel mit dem Ausschwingen etwas in die Höhe ziehe. Er nimmt an, dass die Gabel kleinere Schwingungen rascher ausführe. Möglich, dass sich aus der Theorie schwingender Stäbe eine ähnliche Folgerung ziehen lässt. Da sich aber in mehreren Abhandlungen Weber's [3]) keine Angabe findet, wie das Factum constatirt wurde, so muss ich annehmen, dass es aus der Beobachtung mit dem blossen Ohre gefolgert worden sei. Dann ist aber die Angabe höchst wahrscheinlich falsch oder gehört wenigstens zu den physiologischen Erscheinungen. Denn einmal kann ich dasselbe bewirken, wenn ich die Gabel in gleicher Amplitude, also gleicher Schwingungsdauer fortschwingen lasse und den Ton

---

[1]) Helmholtz, Tonempfindungen.

[2]) Diese Notiz ist in eine grosse Anzahl akustischer Werke übergegangen.

[3]) Pogg. Ann. XIV. 174. — XIV. 397. — XVI. 193. — XVI. 415. — XVII. 193.

Digitized by Google

bloss subjectiv durch Zudrücken des Gummiröhrchens schwäche. Dann ist es mir wenigstens bei meinen vorläufigen Versuchen nicht gelungen, durch die optische Methode nach Lissajous einen Unterschied in der Schwingungsdauer zu constatiren. Wenn ich nach Wheatstone und Terquem einen Stab als Kaleidophon anwende, so zeigen sich wechselnde Schwingungscurven. Der Wechsel müsste rascher sein bei kleinen Schwingungen. Das ist er nicht, so weit meine Beobachtung reicht. Und doch ist diese Methode anerkannt weit feiner als das Ohr.

Woher kommt nun diese Erhöhung des Tones bei der Entfernung oder subjectiven Abschwächung? Zunächst sind wir darüber klar, dass die Tonhöhe nicht wirklich geändert werden kann, sofern wir unter Tonhöhe die Schwingungszahl verstehen. Die Erhöhung ist also nur subjectiv, scheinbar, physiologisch. Nach den Gesetzen, welche Poisson, Ostrogradsky und Petzval [1]) bezüglich der Erhaltung der Schwingungsdauer mathematisch bewiesen haben, kann dies keinem Zweifel mehr unterliegen. — Zum Ueberflusse kann man sich noch durch das Experiment hievon überzeugen. Obgleich eine Stimmgabel bei der Entfernung höher wird, dissonirt sie doch nicht mit einer gleichgestimmten in der Nähe. Geben zwei Gabeln mit einander Schwebungen, so bleibt die Zahl dieselbe, wenn man die eine entfernt. Es ist auch ganz unmöglich, anzugeben, um wie viel die Gabel höher wird.

Die Frage ist nunmehr eine andere. Woher kommt die Täuschung? Oder um richtiger zu sprechen, woher kommt die physiologische Erscheinung, da wir es mit keiner physikalischen mehr zu thun haben? — Es ist bekannt, dass Töne von ungleicher Klangfarbe schwer der Höhe nach zu vergleichen sind. Die mehr oder weniger hervortretenden Obertöne können das Ohr verführen, höher oder tiefer zu schätzen. Mit einem Worte, die hier in Frage kom-

---

[1]) Petzval, Ueber ein neues Princip der Undulationslehre. Sitzb. d. Wien. Akad. 1852. — Siehe meine experimentelle Beleuchtung des Principes in Pogg. Ann. 1863.

Digitized by Google

mende Erscheinung ist wahrscheinlich ein Wechsel der Klangfarbe, bedingt durch Intensitätswechsel der Obertöne.

Dass dem wenigstens in manchen Fällen so sei, davon kann man sich durch ein einfaches Experiment überzeugen. Ich construire mir eine sehr einfache Nörrnberg'sche Interferenzröhre, indem ich eine Gummiröhre in zwei Zweige auslaufen lasse, deren Längenunterschied in Bezug auf eine bestimmte Stimmgabel eine halbe Wellenlänge beträgt. Beide Zweige schliessen wieder in einer einzigen Röhre, welche in den Gehörgang gesteckt wird, während vor der andern Mündung die Stimmgabel schwingt. Es wird, wenn man durch beide Zweige hört, der Grundton der Stimmgabel fast ganz aufgehoben und der Ton schlägt fast in die Octave um. Dies beweist, dass die Stimmgabel beim Schwingen nicht nur einen einfachen Ton und unharmonische Obertöne, sondern auch harmonische Obertöne, und zwar geradzahlige auslöst; die Erscheinung wäre sonst nicht möglich. Dies stimmt auch mit den Entwickelungen von Helmholtz [1]). Wenn man nun die Länge der Zweige in unserer Röhre variirt, so kann man den Grundton beliebig schwächen und gleichzeitig die geradzahligen Partialtöne beliebig verstärken. Bei diesem Processe zeigt sich aber eine scheinbare Erhöhung des ganzen Klanges, welche man erst nach längerem Studium als eine blosse Veränderung der Klangfarbe erkennt. Da aber nun ein Hervortreten der Obertöne schon in einem bestimmten Falle Erhöhung bewirkt, so ist es, so lange keine andere Erklärung aufzufinden ist, wenigstens höchst wahrscheinlich, dass die scheinbare Erhöhung überall durch dieselbe Ursache hervorgebracht werde.

Wie soll aber durch die Entfernung der Tonquelle oder durch die subjective Schwächung des Tones ein Ueberwiegen der Obertöne zu Stande kommen? — Die Ursachen können verschiedene sein, und es wirken wahrscheinlich mehrere zusammen. — Zunächst können diese Ursachen rein physikalisch sein, d. h. in der zum Ohre gelan-

---

[1]) Helmholtz, Pogg. Ann. Bd. 99, S. 538.

Digitized by Google

genden Luftbewegung liegen. Betrachten wir die Stimmgabeln. Die Stimmgabeln bringen der Luft gleichzeitig stets entgegengesetzte Phasen von nahezu gleicher Intensität bei. Die Stellen aber, an welchen entgegengesetzte Phasen erregt werden, liegen auch bei den höchsten Stimmgabeln so nahe an einander, dass ihre Entfernung gegen die Wellenlänge verschwindet. Beschreibt man nun von diesen Stellen aus mit gleichen Radien Wellenflächen, so fallen diese desto mehr zusammen, je grösser die Radien sind. Je grösser die Entfernung, desto mehr heben sich die Schwingungen auf. Deshalb hört man die Stimmgabeln nicht weit. Aber gerade an jenen Stellen, an welchen sich die Grundtöne schwächen, also in grösserer Entfernung, müssen sich die geradzahligen Partialtöne verhältnissmässig verstärken. — Analoge Verhältnisse, wenn auch nicht in dem Maasse, finden sich an allen schwingenden Körpern. Sowohl freie als auch auf Resonanzkästchen gesetzte Stimmgabeln zeigen die Erscheinung.

Man könnte nun ferner daran denken, dass verschiedene Partialtöne eines Klanges beim Durchgange durch die Luft ungleich geschwächt, absorbirt, in Wärme umgewandelt werden. Dann wäre aber a priori das Gegentheil von dem wirklich Beobachteten zu erwarten. Raschere Schwingungen werden doch wahrscheinlich rascher verzehrt. Ueberhaupt müsste diese Absorption, sollte der Unterschied so gross sein, überhaupt einen bedeutenden Werth erreichen und sich sonach auch sonst schon bemerkbar gemacht haben. Wir können also hievon vorläufig absehen.

Diese Ursachen könnten nur bei der Entfernung der Tonquelle wirksam sein. Die Erhöhung bei subjectiver Schwächung des Tones fordert eine andere Erklärung. Wenn ich das Gummiröhrchen im Gehörgange verengere, kann wohl nichts anderes geschehen, als dass alle Partialtöne eines Klanges in gleichem Verhältnisse geschwächt werden. Woher nun das Ueberwiegen der Obertöne? — Werden höhere Töne bei geringerer physikalischer Intensität verhältnissmässig stärker vom Ohre aufgenommen?

Wenn W. Weber's oben erwähnte Angabe richtig wäre, so könnten wir uns dies wohl vorstellen. Kleinere Schwingungen werden rascher ausgeführt. Demnach würden die Körper bei kleineren

Schwingungen auch durch raschere Schwingungen verhältnissmässig mehr in's Mitschwingen versetzt. Das Phänomen könnte dann seinen Grund haben im Gehörnerv, im Labyrinth, in den Knöchelchen, im Trommelfell oder gar in allen zusammen. Aber das Ganze ist wie gesagt problematisch.

Dass die Erscheinung subjectiv sei, kann kaum einem Zweifel unterliegen. Ich will es versuchen, darüber eine Ansicht aufzustellen. Für die Schallempfindung gilt nach Fechner [1]) das E. H. Weber'sche Gesetz. Nennen wir y die Empfindungsintensität eines Tones von der physikalischen Intensität x, welcher bei der Intensität b auf die Schwelle tritt, so besteht die Gleichung

$$y = a \log \left(\frac{x}{b}\right) \text{ und für eine andere Tonhöhe}$$

$$y_1 = a_1 \log \left(\frac{x}{b_1}\right).$$

Beide Gleichungen können als Gleichungen von Curven angesehen werden. Die Curven haben einen Durchschnitt. d. h. die psychologischen Intensitäten werden gleich, wenn

$$a \log \left(\frac{x}{b}\right) = a_1 \log \left(\frac{x}{b_1}\right), \text{ oder wenn}$$

$$x = \text{num. log} \left(\frac{a \log b - a_1 \log b_1}{a - a_1}\right).$$

Für $b = b_1$ finden wir $x = b$. Die psychologischen Intensitäten wären gleich, wenn sie eben auf die Schwelle treten. Dieser Fall ist für uns werthlos, da wir ausserdem wissen, dass b und b_1 für ungleiche Tonhöhen, ungleich sind. Der Durchschnitt fällt auf ein anderes x, wenn $b \gtrless b_1$, $a \gtrless a_1$ ist. Wir finden für die Differenz

$$y - y = \varphi = a \log \left(\frac{x}{b}\right) - a_1 \log \left(\frac{x}{b_1}\right) \text{ und}$$

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{a - a_1}{x}.$$

Die Differenz ändert sich also fortwährend in demselben Sinne, so lange sich x in demselben Sinne ändert. Schreiben wir a, b einem tiefern, a_1, b_1 einem höhern Ton zu, nehmen nach der Erfahrung an, dass $b > b_1$, so brauchen wir für die durch die Erfahrung noch unbe-

---

[1]) Fechner, Psychophysik. II.

Digitized by Google

stimmten Constanten a, a_1, bloss festzusetzen, dass $a > a_1$ um sofort das Phänomen zu begreifen [1]). Bei geringerer Intensität überwiegen dann die höheren, bei grösserer die tieferen Töne. Wir sind berechtigt, diese Ansicht einstweilen als eine empirische festzuhalten, ohne uns zu entscheiden, wo die Constanten a, a_1, b, b_1, ihren Werth erhalten, ob im Gehörnerv oder in einem anderen Theile des Ohres.

Die scheinbare Erhöhung bei Entfernung oder Schwächung eines Klanges ist also meiner Ansicht nach eine blosse Veränderung der Klangfarbe und hat ihren Grund in dem Ueberwiegen der Obertöne, welches theils durch physikalische, theils durch psychophysische Ursachen herbeigeführt wird. Mann könnte nun einwenden, dass dann einfache Töne die Erscheinung nicht zeigen könnten. Sie tritt aber nur in geringerem Maasse auf. Doch habe ich mich überzeugt, dass es ganz unmöglich ist, vollkommen einfache Töne hervorzubringen. Einmal weil die Stimmgabel, wie gezeigt wurde, auch ihre harmonischen Obertöne giebt. Dann weil diese Obertöne zwar wenig, aber doch von den Helmholtz'schen Resonatoren verstärkt werden. Endlich weil wahrscheinlich jeder physikalisch einfache Ton im Ohre Obertöne auslöst.

Während des Druckes dieser Abhandlung stiessen mir zwei neue Beobachtungen auf, die ich mir vorläufig nicht zurechtlegen kann. Das Geklapper einer kleinen Windmühle schien tiefer zu werden, wenn ich die Ohren mit den Fingern zuhielt. Auf einem mit Watte verstopften Ohre glaubte ich eine Stimmgabel tiefer zu hören als auf dem andern.

V. Bringt man zwei wenig in der Tonhöhe verschiedene Stimmgabeln vor ein Ohr, so hört man die bekannten Schwebungen. Hiebei hat man neben dem Intensitätswechsel deutlich den Eindruck, als ob bald der höhere, bald der tiefere Ton überwiegen würde. Da aber die Töne sich gegenseitig zerstören und schwächen, so ist dies eine Täuschung, welche auf der Veränderung der Klangfarbe beruht. Der geschwächte Ton erscheint etwas höher, schon deshalb, weil

---

1) Was die Constante a betrifft, vergl. meine Vorträge über Psychophysik. Oesterr. Zeitschr. für Prakt. Heilkunde. 1863.

Digitized b

die geradzahligen Obertöne sich verstärken, wenn die Grundtöne sich schwächen.

Die gewonnenen Resultate enthalten zugleich die Erklärung einiger, in I, II angeführten Beobachtungen. Jeder Klang zieht bei der Schwächung, wie diese auch geschehen mag, scheinbar in die Höhe und wird gleichzeitig leer durch Ueberwiegen der Obertöne.

VI. Indem ich das Studium einiger von Scott-Alison [1]), Fechner [2]) und Anderen beobachteter akustischer Thatsachen, welche namentlich für die Psychophysik wichtig sind, für eine spätere Abhandlung verspare, betrachte ich hier noch eine Streitfrage, die mehrmals schon von Dove, Seebeck, Harless, Rinne und Fechner behandelt wurde.

Bringt man zwei der Höhe nach etwas verschiedene Stimmgabeln vor das Ohr, so hört man Schwebungen. Dieselbe Erscheinung tritt auf, obgleich etwas schwächer, wenn je eine Gabel vor ein Ohr gebracht wird. Die Sache ist auf den ersten Blick sehr räthselhaft, indem man die Gabeln durch die Luft nicht von einem Ohre zum andern hinüber hört. Man muss demnach an Durchleitung des Schalles durch die Kopfknochen oder an eine noch complicirtere Annahme denken. Die Durchleitung wird von manchen Forschern bestritten, da sie von vielen nicht direct beobachtet werden konnte. Wenn ich einem Gehülfen vor ein Ohr eine Stimmgabel halte und aus dem andern ein Röhrchen in mein Ohr führe, so höre ich selbst die Gabel nicht. Wohl aber habe ich eine hinreichende Anzahl anderer Beobachter gefunden, welche die Gabel hörten und um Täuschungen zu vermeiden mir den Ton angaben. Wenn Jemand die Gabel nicht hört, so dürfte daran nur seine Hörfähigkeit Schuld tragen. Die Annahme der Durchleitung, die sich überhaupt durch ihre Einfachheit empfiehlt, ist auch theoretisch wahrscheinlich. Der Gehörapparat ist vorzüglich geeignet, Schall auf die Kopfknochen zu übertragen.

---

[1]) Scott Alison, On the differential stetophone. Proceedings of the royal Soc. Vol. IX. Nr. 31. p. 196.

[2]) Fechner, Ueber das binoculäre Sehen. Abhandl. der königl. sächs. Gesellsch. 1860.

Digitized by Google

Seebeck [1]) stellt drei mögliche Annahmen auf, um das Factum zu erklären:

1. Die beiden Gehörnerven sympathisiren so, dass sich die Eindrücke verstärken, wenn beide Trommelfelle in gleicher Richtung schwingen;

2. die beiden Gehörnerven sympathisiren so, dass sich die Eindrücke verstärken, wenn beide Trommelfelle in entgegengesetzter Richtung schwingen;

3. es findet Durchleitung statt.

Die Annahme einer Sympathie ist für mich höchst unwahrscheinlich. Jede Gabel löst in jedem Ohr so zu sagen einen continuirlichen Empfindungsstrom aus, der gar nichts mehr von Vibration an sich hat. Wie kommen diese Empfindungsströme dazu, sich wie Schallwellen zu verhalten?

Seebeck selbst versucht eine Widerlegung der zwei ersten Punkte, indem er vor beiden Ohren zwei Sirenen aufstellt, welche abwechselnd gleiche und entgegengesetzte Schwingungsphasen von sich geben. Da sich kein Unterschied in der Schallstärke zeigt, so wäre die Annahme der Sympathie widerlegt. Seebeck vergisst jedoch, dass, falls das Experiment entscheidend wäre, nothwendig auch die dritte Annahme der Durchleitung mit aufgehoben wäre.

Seebeck's Methode ist eben unbrauchbar, weil man die Sirenen kreuzweise hinüber hört. Ich habe das Experiment anders ausgeführt. Eine Röhre, vor deren Mündung eine Stimmgabel schwingt, läuft in drei Zweige *a, b, c* aus, deren Längen beziehungsweise λ, $\frac{\lambda}{2}$, λ sind, wobei λ die Wellenlänge der Stimmgabel ist. Die Röhren *a, b* laufen in eine Mündung zusammen und führen zum linken Ohr, die Röhre *c* geht zum rechten. Jede der Gummiröhren kann zugedrückt werden. Höre ich bloss durch *a, b,* so hebt sich der Schall fast ganz auf, denn ich habe dann eine Nörenberg'sche Röhre vor mir. Bei der Combination *a, b, c* ist der Schall schwächer, als bei *a, c,* oder *b, c.* Nehme ich abwechselnd *a c, b c,* so habe ich den Eindruck der

---

[1]) Seebeck, Pogg. Ann. Bd. 68.

Schwebungen, zwar nicht so deutlich wie ihn zwei Gabeln hervorbringen, aber doch merklich. Es treten nämlich hiebei abwechselnd gleiche und entgegengesetzte Phasen in beide Ohren. Das geringere Hervortreten der Schwebungen schreibe ich dem Umstande zu, dass bei so geringen Unterschieden, wie sie hier auftreten, die Unterscheidungsfähigkeit durch die kurze Pause, welche beim abwechselnden Zudrücken von *a* und *b* entsteht, verloren geht.

Ich habe das Experiment noch anders wiederholt. Es wurden durch eine Röhrenvorrichtung gleiche und entgegengesetzte Phasen von den verschiedenen Zinkenseiten einer und derselben Stimmgabel aufgefangen, was wohl nicht nöthig ist, besonders zu beschreiben. Der Erfolg war derselbe.

Das angeführte Experiment kann über Sympathie oder Durchleitung gar nicht entscheiden; es ist nur eine künstliche Nachahmung der zu untersuchenden Erscheinung. Die Annahme der Durchleitung ist aber so einfach und ausreichend, dass ich nicht anstehe, sie für die richtige zu halten.

VII. Vor Kurzem habe ich eine Ansicht aufgestellt, nach welcher das Ohr eine Accommodation für die Tonhöhe hätte, und nach welcher ferner die Tonhöhe nach dem Maasse dieser Accommodationsanstrengung geschätzt würde. Ist die Ansicht richtig, so lässt sie pathologische Erscheinungen vermuthen, welche, wie ich glaube, wirklich vorkommen. Gerade so, wie Augenmuskellähmungen ein Seitwärtsgreifen nach dem gesehenen Gegenstande, ein Verfehlen des wahren Ortes zur Folge haben, gerade so müsste eine Accommodationslähmung des Ohres ein Ueberschätzen der Tonhöhe bewirken. In beiden Fällen wäre die gewöhnliche Muskelanstrengung, nach gewohntem Maasse gemessen, das Verführende. Lassen wir die Thatsachen sprechen. Ich erlaube mir mehrere pathologische Fälle auszuführen.

1. Dr. Gruber [1]) erwähnt einen Fall, der einen Militärcapellmeister in der Nähe Wiens betraf. Derselbe verlor das Unterscheidungsvermögen für die Töne. Er hörte jeden angeschlagenen Ton um einen halben Ton höher.

---

[1]) Gruber, Oesterr. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde. X. Jahrg. Nr. 3.

Digitized by Google

2. v. Wittich [1]) berichtet über eine Beobachtung an sich selbst, die ich ihres Interesses wegen im Auszuge anführen muss. v. Wittich stellte an sich eine Reihe von Untersuchungen an, nachdem er vier Wochen früher von einer heftigen Entzündung des mittleren und später auch des äusseren Ohres befallen worden. Er hörte dann nur sehr schwach das Pochen der Taschenuhr mit dem kranken Ohre, und zwar bloss dann, wenn er das Zifferblatt dicht an die Ohrmuschel drückte. Das Schlagen einer im Zimmer stehenden Stockuhr vernahm er in nächster Nähe, wenn er derselben sein krankes Ohr zukehrte, nachdem das gesunde verstopft war. Er hörte das Geräusch des Klöpfels bei dem Anschlagen in einer Entfernung von vier Fuss mit dem kranken Ohr beträchtlich schwächer, als mit dem verstopften gesunden. Verschloss er das letztere, so bemerkte er die mechanische Arbeit einer schwachtönenden Tischglocke in einer Entfernung von $1^1/_2$ Fuss. Das Klingen wurde erst wenige Zoll vom Ohre wahrgenommen. Die Schwingungen einer zwei Zoll vom kranken Ohre befindlichen Stimmgabel hörte er äusserst leise, aber mit voller Schärfe. War sie auf A gestimmt, so klang sie einen halben Ton höher auf dem kranken, als auf dem gesunden Ohre. Zwei Stimmgabeln, von denen die eine A und die andere B gab, klangen gleichzeitig angeschlagen vollkommen gleich, wenn B vor dem gesunden und A vor dem kranken Ohre gehalten wurde. Alle Töne mittlerer Höhe der eingestrichenen Octave, die Wittich pfiff oder auf dem Claviere anschlug, klangen doppelt und zwar um einen halben Ton verschieden. Töne, die jenseits oder diesseits $\overline{d}$ — $\overline{\overline{d}}$ lagen, klangen einfach. Diese Ergebnisse änderten sich nicht, nachdem man den äussern Gehörgang des kranken Ohres mit Watte verstopft, mit Wasser gefüllt, Luft in die Eustachische Röhre gepresst, die Spannung des Trommelfells durch das Zusammenpressen der Kiefer geändert oder alle Kaumuskeln ruhig gelassen hatte. Wurde die in A tönende Gabel auf die Zähne des Unterkiefers bei offenem Munde gesetzt, so hörte Wittich zunächst sehr laut A, das allmählich verklingend nach B hinaufzog. Setzte er die tönende Gabel auf die Schädelknochen, so hörte er B

[1]) v. Wittich, Königsberger medic. Jahrb. Bd. 3. 1861. S. 40—45.

oder A, das mit B verklang, je nachdem dies näher oder ferner dem kranken Ohre geschah. — Die allgemeine Gehörempfindung war nicht in gleichem Maasse wie die musikalische Tonempfindung zerstört. Wittich konnte schwache Geräusche, die man sonst neben dem Klingen des Metalles kaum wahrnimmt, in einer Entfernung hören, in der er das Tönen einer Glocke nicht bemerkte. Die Schwerhörigkeit verschwand später langsamer als die Verstimmung des musikalischen Gehörs, die allmählich abklang.

3. Herr Professor E. H. Weber hat ebenfalls einen ähnlichen Fall an sich beobachtet und hatte die besondere Güte, mir das Protokoll hierüber zur Verwendung mitzutheilen, welches ich mit dessen eigenen Worten folgen lasse.

„Als ich in den ersten Tagen des Decembers 1857 in einem ungeheizten Zimmer sass und schrieb, nahm ich plötzlich eine Veränderung in meinem linken Ohre wahr. Ich hörte nämlich ein continuirliches gleichmässiges Geräusch wie ein Tosen. Bis dahin hatte ich niemals am Gehör gelitten. Nachdem diese subjective Empfindung vier Tage und Nächte fortgedauert hatte, machte ich mit dem kranken Ohre einige Versuche, aus welchen sich ergab:

a) dass ich eine Taschenuhr vor diesem Ohre in derselben Entfernung picken hörte, als vor dem gesunden, nämlich ungefähr bis zur Entfernung von 600 Millim.;

b) dass ich den Ton von zwei Stimmgabeln, welche angeschlagen das eingestrichene f und g gaben oder von Stimmgabeln, die einen noch tieferen Ton hervorbrachten, gar nicht hörte, wenn die Stimmgabeln vor dem kranken Ohre gehalten wurden, wohl aber sehr gut hörte, wenn sie dem gesunden rechten Ohre genähert wurden;

c) dass ich das eingestrichene b und alle noch höheren Töne, für welche ich besondere Stimmgabeln besass, sowohl vor dem gesunden als kranken Ohre hörte, dass indessen mir der Ton dann vor dem kranken linken Ohre etwas schwächer und etwas höher zu sein schien, als vor dem gesunden rechten;

d) nachdem dieser Zustand einige Tage fort bestanden hatte, bemerkte ich am 9. December eine Veränderung: Ich beobachtete

Digitized by Google

nämlich, dass ich nun mit dem kranken Ohre wieder hören konnte, wenn die Stimmgabeln, die angeschlagen die Töne f und g gaben, vor dasselbe gehalten wurden, dass ich aber ihren Ton mit dem kranken Ohr beträchtlich höher, nämlich richtig um eine halbe Tonstufe höher hörte, als mit dem gesunden rechten Ohre. Da man den Ton der angeschlagenen in der Hand gehaltenen Stimmgabeln nur bei grosser Annäherung an das eine oder andere Ohr hören kann, nicht aber mit beiden Ohren zugleich, so liess sich der Unterschied der Tonhöhe, die man zu empfinden glaubte, sehr bestimmt ermitteln, wenn ich die tönende Stimmgabel abwechselnd vor das kranke und gesunde Ohr hielt;

e) der sub d) angegebene Zustand dauerte aber nur zwei Tage fort, dann trat der frühere Zustand bei dem kranken Ohre wieder ein, wo ich die Töne f und g gar nicht hörte, wohl aber die Töne der früheren Stimmgabeln vom eingestrichenen b an, die mir jetzt mit dem kranken Ohre gehört schwächer aber nicht höher zu sein schienen, als mit dem gesunden Ohre;

f) am Pianoforte, wo der angeschlagene Ton gleichzeitig zu beiden Ohren drang, nahm ich nicht wahr, dass ich mit dem linken Ohre einen höheren, mit dem rechten einen tieferen Ton empfände, auch dann nicht, wenn ich das eine oder das andere Ohr abwechselnd zuhielt. Freilich hörte ich auch den Ton, wenn ich beide Ohren zu gleicher Zeit zuhielt.

Unstreitig richtete ich hiebei unwillkürlich meine Aufmerksamkeit auf den Ton, den ich mit dem gesunden Ohre vernahm und wendete sie von dem kranken Ohre ab, wie das nicht selten hinsichtlich der Augen bei Schielenden geschieht. Ich hörte also die Töne musikalischer Instrumente nicht doppelt;

g) die mit den Stimmgabeln ausgeführten Experimente griffen mein Nervensystem sehr an. Es entstand dadurch eine so grosse Reizbarkeit des Gehörs, dass ich mich mehrere Wochen in eine vollkommene Stille zurückziehen musste, da mir schon das Knistern des Feuers im Ofen, oder das Geräusch bei dem Zusammendrücken von steifem Papiere unangenehme Empfindungen

verursachte. Dieses ist auch der Grund, warum ich diese Versuche nicht weiter fortgesetzt habe, obgleich jene Reizbarkeit wieder verschwunden ist;

h) die Tonbestimmung sub d), nach welcher der mit dem linken Ohre gehörte Ton der genannten Stimmgabeln richtig um eine halbe Tonstufe höher war, als wenn dieselben Stimmgabeln vor das rechte Ohr gehalten und dann allein nur durch dieses gehört wurden, beruht nicht allein auf der unmittelbaren Schätzung, sondern wurde auch dadurch bestimmt, dass der mit dem linken Ohre gehörte Ton mit dem entsprechenden Tone auf einem Pianoforte verglichen wurde, den ich mit beiden Ohren zugleich und wie oben schon bemerkt wurde, richtig hörte, und dass eben so bei der Bestimmung des Tones verfahren wurde, den ich mit dem rechten Ohre allein hörte."

4. Ich habe häufig gehört, dass Leute mit Trommelfelldefecten auf einem Ohr meist ungleich hoch auf beiden Ohren hören. Es war mir indess nicht möglich, hierüber Genaueres zu erfahren, da ich keinen hinreichend intelligenten Patienten dieser Art sprechen konnte. Nach dem vorher Besprochenen würde ich vermuthen, dass solche Leute auf dem verletzten also schwächeren Ohre etwas höher hören. Es würde hiebei die gewöhnliche Täuschung mitspielen.

Auf Rechnung dieser Täuschung allein lassen sich aber die sehr genau untersuchten Fälle 2, 3 nicht bringen. Ich kann sie also bis auf Weiteres einstweilen als Bestätigung meiner Theorie ansehen.

Die Fälle von Ungleichhören dürften nicht so selten sein, als man gewöhnlich glaubt; nur ist es meist schwer, verlässliche Angaben zu erhalten. Ja, nach Fessel [1]) scheint der Fall des Ungleichhörens freilich in weit geringerem Grade, sogar der normale zu sein. Fessel constatirte nämlich durch genaue Messungen, dass die meisten Leute auf dem rechten Ohre etwas höher hören [2]). Es ist dies ein Seitenstück zu Fechner's Beobachtung, nach welcher fast constant

---

[1]) Fessel, Pogg. Ann. 1860. S. 189—191.

[2]) Durch die Güte des Dr. Jutmann in Graz kam mir zwar ein Patient zu, der jedoch leider auf dem verletzten Ohre absolut taub gefunden wurde.

Digitized by Google

ein Ohr etwas schwerhöriger ist, als das andere. Eine solche Gesetzmässigkeit weist auf eine teleologische Bedeutung hin. Sollte die Natur so zu sagen durch eine absichtliche Asymetrie des Körpers Localzeichen für rechts und links ermöglicht haben?

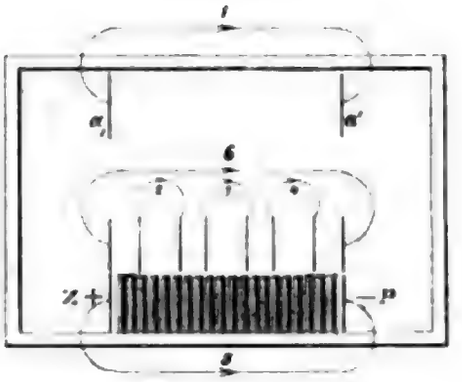
Ich schliesse diese Betrachtung in der Hoffnung, mit Hülfe constantschwingender Stimmgabeln und einer neuen otoskopischen Methode, die eine Anwendung des Lissajon'schen ist, demnächst das Vorgetragene weiter verfolgen zu können.

Ich habe vor einiger Zeit auch Versuche angestellt, um die Theorie zu prüfen, welche jedoch erfolglos blieben. Ich versuchte vergebens durch Atropin und Kohlensäure eine momentane Lähmung der Muskel des mittleren Ohres herbeizuführen. Die aufgeführten Hamlet-Scenen gingen spurlos vorbei.

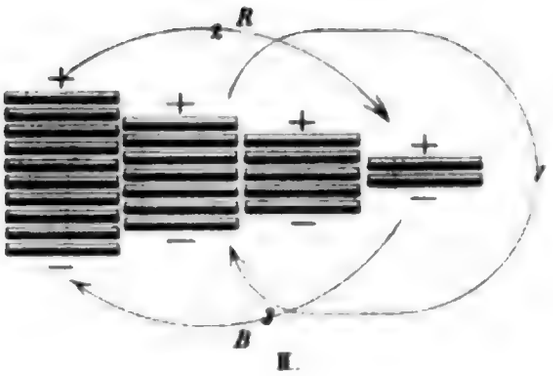
Digitized by

Brühl'sche Univ.-Buch- und Steindruckerei (Fr. Chr. Pietsch)
in Giessen.

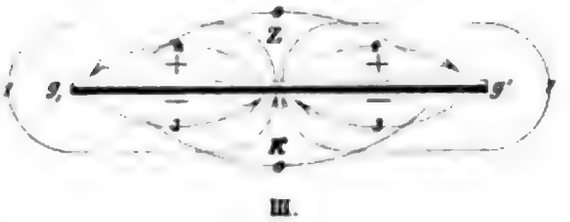
Digitized by Google



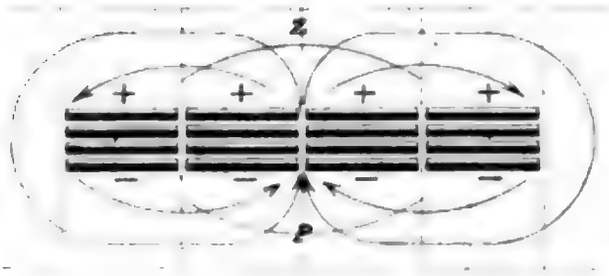
I.



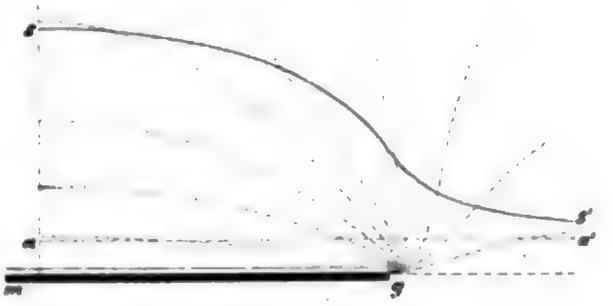
II.



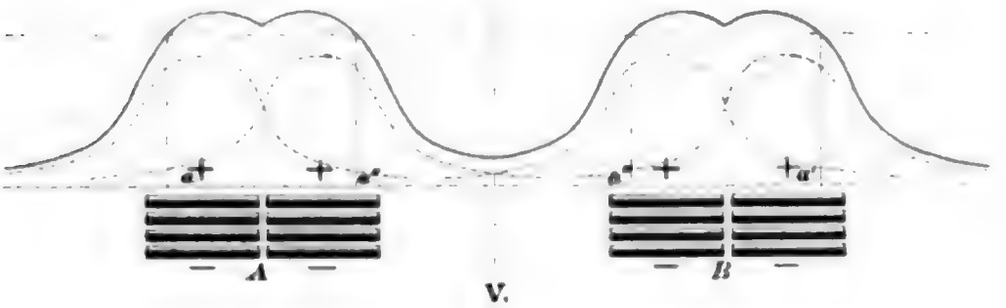
III.



IV.

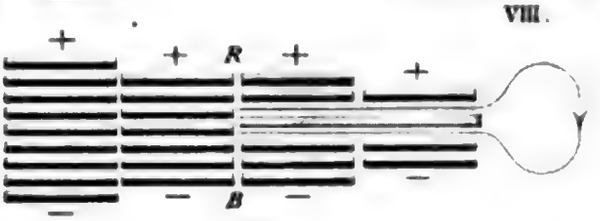


VI.



V.

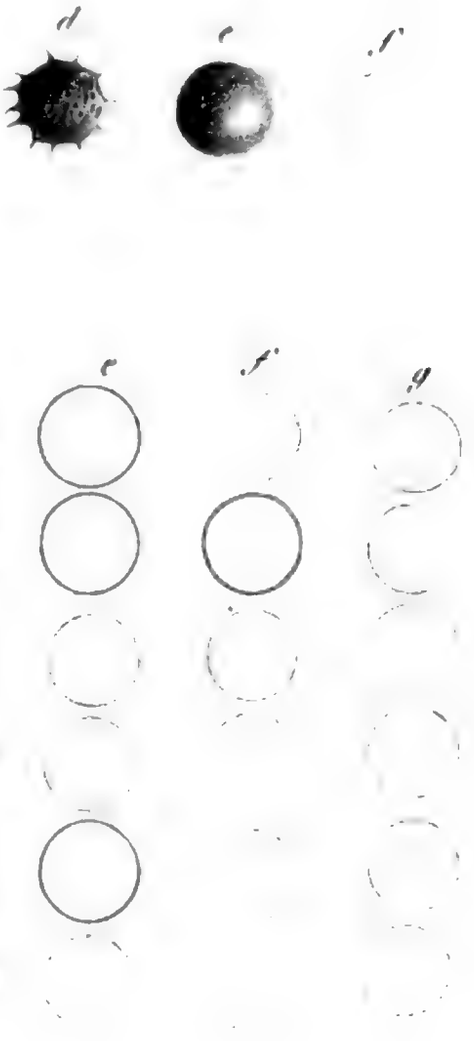
VII. VIII.



IX.

Digitized by Google

bringen.



Digitized by Google

Digitized by Google

XXXVII.

Ueber die Ursache der vermehrten Pulsfrequenz nach Durchschneidung der Vagi am Halse.

Von

Moritz Schiff.

Obgleich bereits vor längerer Zeit hervorgehoben worden, dass die Vermehrung der Pulsfrequenz nach Lähmung der Vagi durchaus nicht in Zusammenhang steht mit der Eigenschaft dieser Nerven, bei starker Reizung den Puls des Herzens zu verlangsamen oder zu unterbrechen, fehlt es noch immer nicht an Schriftstellern, welche die hier besprochene Pulsvermehrung durch den Wegfall der sogenannten Hemmungsnerven erklären wollen und welche in dieser Erscheinung wieder eine experimentelle Bestätigung der Hypothese von der Hemmungsfunction des Herzvagus zu finden glauben.

Es wäre überflüssig, noch einmal hervorzuheben, weshalb diese Betrachtungsweise unstatthaft ist. Die Erscheinungen der sogenannten Hemmung, in welchem Grade sie auch nach Reizung auftreten mögen, gehören den Fasern des Accessorius an, nach dessen Lähmung die Beschleunigung des Herzschlages fehlt. Einige Zeit aber nach Ausziehung der Accessorii, wenn der Vagus jeden motorischen Einfluss auf das Herz verloren hat, bewirkt die Durchschneidung des Vagus noch die bekannte Beschleunigung unter denselben Bedingungen (und

mit denselben Einschränkungen) unter denen sie auch beim sonst unverletzten Thier nach plötzlicher Trennung des Vagus hervortritt. Wir schlossen hieraus, dass diese Beschleunigung nicht abhängig ist von Lähmung, Reizung oder Verletzung irgend welcher motorischer Herznerven, und, da wir den Herzschlag nicht als eine vom Mark aus reflektirte Erscheinung auffassen konnten, dass diese Beschleunigung von der Verletzung der im Vagus befindlichen Herznerven überhaupt nicht abgeleitet werden könne.

Diese einfache Schlussfolgerung ist bis jetzt noch nicht widerlegt, noch nicht zu widerlegen versucht, um so häufiger aber übersehen worden. Ungern und langsam opfert man gewöhnlich eine liebgewonnene Hypothese, welche alle Beobachtungen zu erklären schien, für neue Thatsachen, welche die hergebrachte Auffassung vernichten ohne eine andere Erklärung an deren Stelle zu setzen. Und wir hatten geradezu ausgesprochen, dass die Vermehrung des Herzschlags nach Lähmung der Vagi vorläufig noch unerklärt sei. Abgesehen von dem Interesse des Gegenstandes selbst schien es uns daher auch ein Gewinn für die Verbreitung einer richtigeren Ansicht von der Herzinnervation, wenn es uns endlich gelänge, die Frage nach der Ursache der erwähnten Pulsvermehrung zu lösen.

Als ich mich mit dieser Frage zu beschäftigen anfing, waren aber die Materialien zu ihrer Lösung bereits Gemeingut der Wissenschaft geworden, so dass ich eigentlich hier nichts Neues zu finden, dass ich nur zu combiniren und meine Combinationen experimentell zu erproben brauchte, um die Aufgabe zu lösen. Dass nicht Andere vor mir diese leichte Arbeit übernommen, kann ich mir nur dadurch erklären, dass die Anhänger der Hemmungstheorie nicht auf einen ihnen, wie es schien, so wichtigen Beweisgrund für ihre Lehre verzichten wollten, die Gegner der Hemmungstheorie aber die hier berührte Frage schon genügend aus dem streitigen Gebiete hinausgerückt zu haben glaubten.

Die Ursache der vermehrten Pulsfrequenz nach Durchschneidung der Vagi suche ich in der bekannten Veränderung des Athmungsrhythmus, welche diese Operation in der Regel zur Folge hat.

Die Pause zwischen den Athemzügen wird nach der Vagus-

Digitized by Google

lähmung verlängert, und die Athmung selbst wird nicht in dem Grade ausgiebiger, dass sie den Wegfall der Frequenz ersetzen kann. Eine Folge der Vaguslähmung, welche sich schon in der ersten verlängerten Athmungspause und noch vor der ersten auf sie folgenden Inspiration entwickelt und die später an Intensität zunehmen muss, ist eine grössere Venosität des Blutes, eine über das normale Maass hinausgehende Anhäufung von Kohlensäure in demselben.

Nun ist wie Bezold in seinen Untersuchungen über die Innervation des Herzens I. pg. 46 angiebt, nach Traube die Kohlensäure ein starker Reiz für das „motorische Herznervensystem", d. h. wenn ich die Sprache dieser Schule richtig verstehe, für die Herznerven mit Ausschluss der im Vagus enthaltenen.

Thiry (Henle und Pfeufer's Zeitschr. 3te Reihe Vol. XXI) hat aber bewiesen, dass sauerstoffarmes Blut bei Erhaltung der Vagi auch auf diese vom Centrum aus in so hohem Grade einwirkt, dass der Herzschlag verlangsamt, sehr unregelmässig wird und oft lange aussetzt. Dieser so geschwächte Herzschlag zeigt sich beim sonst unverletzten Thier, wenn man die Athmung unterbricht und Thiry hat durch genügende Versuche gezeigt, dass Unterbrechung der Athmung die angegebene Wirkung aufs Herz vermittelst der Vagusstämme entfaltet.

Unbekannt mit dieser Arbeit Thiry's habe ich ungefähr gleichzeitig der französischen Akademie mitgetheilt, dass die Unregelmässigkeit und Störung in der Aufeinanderfolge des Herzschlags, welche bei Athemhemmung primär auftritt, von dem Accessorius abhängen und durch dessen Zerstörung aufgehoben werden. Dies gilt sogar nach meinen Beobachtungen für diejenigen Unregelmässigkeiten des Herzschlags, die von der Durchschneidung der Kehlkopfäste des Accessorius selbst (vermittelst der Athemhemmung) hervorgebracht werden, so dass eine theilweise Durchschneidung des Nerven Erscheinungen am Herzen hervorruft, welche vollständige Lähmung desselben Nerven wieder aufhebt.

Ich führe hier die Angaben Traube's nach der Schrift von Bezold an, obgleich ich wohl wissen muss, dass unter den vielen Vorzügen, die man dieser Schrift manchmal nachrühmt, historische

Treue und Zuverlässigkeit nicht den ersten Rang einnimmt. Ich habe aber die hier besprochene Angabe von Traube umsonst sowohl in den mir zugänglichen Arbeiten Traube's als in den Jahresberichten eifrig gesucht, und weiss nicht wo und ob er sie überhaupt veröffentlicht hat, und auf welcherlei Versuche er sich stützt. Dennoch wollte ich nicht unterlassen, hier Traube's zu gedenken, da seine hier erwähnte Ansicht, wie wir sehen werden, ganz richtig ist und durch unsere Versuche bestätigt wird.

Sind alle diese Thatsachen richtig, so ist es möglich, dass eine nur geringe Zunahme der Venosität schon genüge, die reizenden Wirkungen auf die Herznerven zu entfalten. Ist der Vagus nicht durchschnitten, und wird die Athmung nur auf mechanischem Wege behindert, so wird die starke Reizung des Accessorius den Herzschlag nur ganz vorübergehend bethätigen, die Reizung braucht nicht sehr zu steigen, damit der Puls seltener und endlich aussetzend werde. Fehlt aber der Accessorius auf beiden Seiten, dann wird bei Säugethieren, wenn der Versuch sonst frei von störenden Einflüssen ist, die Venosität des Blutes das Herz, oder, nach Traube, das „motorische Herznervensystem" anregen, ohne von den Nervencentren aus überreizend einzuwirken, der Puls wird schneller werden, und der Blutdruck wird steigen.

Die Durchschneidung der Vagi am Halse setzt aber gleichzeitig die zwei Bedingungen, welche wir (nicht als die einzigen, aber die einzigen von aussen her hinzutretenden) für die Beschleunigung des Herzschlages fordern. Sie lähmt den Stamm des Accessorius und macht die Athmung unvollständiger.

Was speziell das Steigen des Blutdruckes bei grösserer Venosität betrifft, so hat schon Reid in Edinburgh medical and surgical Journal April 1841 in einer grösseren Reihe von Beobachtungen über den Verschluss der Trachea gefunden, „dass das „Quecksilber (des Hämatodynameters) wirklich höher stieg als vor „dem Verschluss der Trachea und die grössern Arterien straffer und „mehr ausgedehnt waren, während das Blut in einer blossgelegten „Arterie so dunkel war wie in der begleitenden Vene, und während „das Thier schon seit etwa zwei Minuten empfindungslos (d. h. ohne

Digitized by Google

„krampfhafte Bewegungen) war.“ „Diese Thatsache“, sagt Reid, „war so überraschend, auf den ersten Blick so unerklärlich und so im „Widerspruch mit meinen vorgefassten Ansichten, dass ich sehr geneigt „war hier irgend einen Irrthum anzunehmen. Aber mehr als zwanzig „Male und immer mit gleichem Erfolg wiederholte Versuche zwangen „mich zuletzt die Richtigkeit der Beobachtung zuzugeben.“

Auch Thiry hat diese Erhöhung des Blutdruckes gefunden und zwar bei Thieren mit geöffnetem Thorax, nach Unterbrechung der künstlichen Athmung. Dauert aber sagt er, die Athmungsunterbrechung länger, so folgt zwar zuerst, wenn sich die Zahl der Pulsschläge schon vermindert, Erhöhung des Blutdruckes, wenn aber endlich die Pulsfrequenz um 9 und mehr Schläge in 5 Secunden abgenommen hat, so sinkt auch der Blutdruck.

Man sieht aus diesen Angaben, dass die Erhöhung des Druckes sich noch da geltend macht, wo der Reiz des venösen Blutes nicht mehr genügt eine Erhöhung der Pulsfrequenz zu bewirken. Auch nach Durchschneidung der Vagi tritt in manchen Fällen, wo die Wirksamkeit des Reizes beschränkt ist, die Erhöhung der Frequenz nicht oder nur vorübergehend auf und interessant ist es, dass, wie Bezold richtig hervorhebt und ich bestätigen kann, auch hier oft, trotz mangelnder Frequenzerhöhung, wenigstens noch die Steigerung des Druckes wahrgenommen wird.

Aber es giebt Fälle und dieselben sind bei Kaninchen nicht sehr selten, wo auf die Durchschneidung beider Vagi weder Frequenz-, noch Druckerhöhung folgt. Auch diese scheinbaren Ausnahmen sprechen, wie wir sehen werden, für die Richtigkeit unserer Hypothese. Es wird uns gelingen einige der Bedingungen zu erkennen, welche diesen Ausnahmsfällen zu Grunde liegen, und solche sogar nach Belieben künstlich zu erzeugen.

Als Bezold sich bemühte, jede Erklärung der vermehrten Herzaction nach Vagusdurchschneidung zurückzuweisen, welche sich nicht auf den Wegfall der sogen. Hemmungsnerven gründet, kam ihm auch die Möglichkeit in den Sinn: dass man die veränderte Herzthätigheit aus der veränderten Athmung zu erklären versucht

sein könne. Dies ist nach ihm aus zwei Gründen nicht möglich. Denn: (wir lassen Herrn B. selbst reden)

1) ist die Drucksteigerung im Blute nach der Vagusdurchschneidung so momentan und so heftig, dass die veränderte Blutbeschaffenheit erst dann einen nachweisbaren Einfluss auf das Herz auszuüben vermag, wenn der Blutdruck schon den grössten Theil seiner Zunahme erlitten hat;

2) gelingt (und dies habe ich bei ..... Herrn Prof. Traube in Berlin öfters sehr schön gesehen und dann mit gleichem Erfolge wiederholt), es gelingt, sage ich, bei besinnungslosen und bewegungslosen (durch Pfeilgift) Thieren, bei denen man künstliche Respiration eingeleitet hat, der Versuch ebensogut als bei andern Thieren.

Wenn diese beiden Angaben Bezold's unbedingt richtig sind, dann ist allerdings meine Hypothese todtgeboren.

Aber der erste Einwurf beruht sicher nicht auf genügenden Versuchen. Wir haben gesehen, dass oft eine Respirationsbeschränkung von 7 bis 10 Secunden genügt eine Erhöhung des Drucks und sogar eine ausgesprochene Frequenzvermehrung zu bewirken. Wenigstens ist dies so bei vielen Kaninchen. Bei Hunden ist die Zeit im Allgemeinen etwas länger, überschreitet aber nicht 12 bis 15 Secunden. Alles dies gilt für Thiere die durch Curare bewegungslos geworden sind. Wo noch selbstständige Athembewegungen existiren, die nach Verschluss der Trachea fortdauern, dürfte sich allerdings noch eine Modification dieser Zeiträume ergeben. Die Thiere nach Vagusdurchschneidung sind aber in dieser Beziehung eher den ersteren zu vergleichen, in welchen wir die künstliche Respiration beschränken. Es ist nun nicht richtig, dass 7 Secunden nach der Vagusdurchschneidung die vermehrte Herzaction schon den grössten Theil ihrer Zunahme erlitten hat, aber ebensowenig können wir läugnen, dass um diese Zeit, wenn die Venosität des Blutes erst nachweislich wirkt, das Herz sich in vielen Fällen schon in vermehrter Thätigkeit befindet. Der Blutdruck steigert sich fast im Moment der Vagusdurchschneidung in vielen Fällen in hohem Grade und hat nach wenigen Secunden schon wieder merklich abgenommen, um sehr bald von Neuem zu steigen. Auf die Zeit, in welcher die Venosität

Digitized by Google

wirksam wird, kommt also in vielen Fällen eine Inflexion der Curve der Zunahme. Dies deutet darauf hin, dass in diesen Fällen die Durchschneidung des Vagus selbst schon als plötzlicher und vorübergehender Reiz wirken konnte und die Herzaction momentan erhöhte, und während sich die hiervon abhängige Steigerung wieder verlor, trat die andere von der Blutmischung abhängige Steigerung hervor. Dass wir hier recht gedeutet, scheinen die folgenden Beobachtungen zu bestätigen, in denen wir den so sehr rasch vorübergehenden Reiz, der von der Durchschneidung selbst abhängt, von der späteren Reizung durch die Athmungshemmung bei Hunden und Kaninchen völlig isolirt haben.

Wichtiger ist der zweite Einwurf. Wenn die künstliche Respiration, und deren gleichmässige Fortsetzung auch nach Durchschneidung der Vagi, wirklich, wie Bezold behauptet, nicht die Vermehrung der Herzthätigkeit hindert, so kann diese Vermehrung nicht von der Form der Respiration abhängen; aber die folgenden Versuche zeigen, dass diese Behauptung Bezold's entschieden unrichtig ist, wenn sie auf denjenigen Modus der künstlichen Respiration bezogen wird, der in Beziehung auf die Erhaltung des Herzschlags die natürliche Athmung genügend ersetzt. Und nur von einer solchen Form der künstlichen Respiration dürfte hier überhaupt die Rede sein.

Hingegen ist es aus der bisherigen Auseinandersetzung unserer Ansicht klar, dass es eine Art der ungenügenden künstlichen Respiration geben muss, die entweder wegen ihrer Seltenheit oder wegen ihrer Spärlichkeit an und für sich ein Athmungshinderniss bedingt, welches durch allzustarke Erregung der Accessoriuswurzeln den Herzschlag verlangsamt. Es ist offenbar, dass unter diesen Bedingungen Durchschneidung der Vagi am Halse die Verlangsamung aufheben und nicht trotz, sondern gerade in Folge der künstlichen Respiration eine scheinbare Beschleunigung und Vermehrung der Herzaction bedingen muss. Bei einer solchen Art der künstlichen Athmung wird man bei allen Kaninchen ohne Ausnahme durch Vagustrennung die Pulsfrequenz in hohem Grade steigern können, und selbst solche Thiere, bei denen während der natürlichen Respiration die Vagustrennung nicht genügte den Puls zu erhöhen, bei

denen sie ihn sogar verminderte, werden die Erhöhung zeigen, sobald man sie künstlich in der angegebenen ungenügenden Weise respiriren lässt.

Man kann also, wie ich das oft gethan habe, den Zuhörer wählen lassen, ob in einem Versuche mit künstlicher Athmung die Durchschneidung der Vagi den Herzschlag vermehren solle oder nicht, und man wird, ohne dass der Schüler anfangs den geringen Unterschied im Verfahren gewahr wird, jedesmal seinem Wunsche entsprechen können.

Durch die mitgetheilten Bemerkungen sind aber die Beziehungen der allzustarken Venosität des Blutes zum Herzschlag nicht erschöpft. Um die folgenden Versuche zu verstehen, bedarf es noch der Bemerkung, dass das venöse Blut das Herz zwar reizt, dass aber gleichzeitig der Mangel arteriellen Blutes die Muskelkraft im Allgemeinen schwächt, sobald dieser Mangel einen gewissen Grad erreicht hat. Der Erfolg, welchen man bei künstlicher Athmungsbeschränkung erlangt, ist also, wie eine Vergleichung der folgenden Versuche darthun wird, die Resultante dieser entgegengesetzten Wirkungen. Eine künstliche Athmungshemmung oder Athmungsbeschränkung wird bei Thätigkeit der Accessorii jedenfalls den Herzschlag bedeutend vermindern. Aber man wird in der ersten Versuchsreihe sehen, dass sie ihn auch nach Durchschneidung der Accessorii vermindert, nur bedeutend weniger. Diese 4 Versuche der ersten Reihe würden an und für sich für eine reizende Wirkung des venösen Blutes nichts beweisen und ihre Deutung ergiebt sich erst aus den folgenden.

Die Versuche sind mit sehr wenigen Ausnahmen von Herrn Dr. Herzen und mir gemeinschaftlich ausgeführt. Ohne die treffliche Unterstützung des Dr. Herzen wäre es mir nicht möglich gewesen, so ausgedehnte Beobachtungsreihen zu liefern, bei denen Zeit, Athmung, Puls, Blutfarbe und oft die thierische Wärme gleichzeitig berücksichtigt und meistens aufgeschrieben werden mussten. Die Thiere wurden, nachdem der normale Puls und die normale Athmungszahl wo es anging ermittelt worden, mit Curare vergiftet, sobald sie bewegungslos waren, wurden sie aufgespannt und es wurde noch vor Aufhören der natürlichen Respiration, die künstliche Athmung ein-

Digitized by Google

geleitet. Um die natürlichen Bedingungen möglichst wenig dabei zu ändern und den Herzschlag normal zu unterhalten (was allerdings oft nicht vollkommen gelang) wurde sowohl die Zahl als, so weit als möglich, die Tiefe der normalen Athemzüge nachgeahmt. Dies geschah mittelst Regulirung nach einem beliebig einzustellenden Pendel. Später wurde die Zahl der Einblasungen variirt um die Einflüsse der verlangsamten Athmung kennen zu lernen. Die Intervalle zwischen den Einblasungen wurden um das doppelte, dreifache, vierfache u. s. w. verlängert. Dies wird durch die Zahlen $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ u. s. w. unter der Athmungskolonne angezeigt. Die Bemerkung „nach so oder so viel Sec." neben der Athmungsziffer bedeutet, dass man den neuen Athmungsrhythmus so lange wirken liess, bis die erste Zählung des Herzschlags vorgenommen wurde. Uebrigens wurde auch, wo diese Bemerkung bei einer Athmungsziffer oder einer Operation fehlt, doch nicht sogleich weiter gezählt, sondern immer einige Secunden später.

Reihe I.

Vorversuche.

Versuch 1.

Kaninchen von Mittelgrösse. Puls 18 in 5 Secunden. Resp. 23 in 15 Secunden. Um 9 Uhr 14 Min. beginnt die künstliche Respir. Herz blossgelegt.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	h 9 m 20	18	66
		17	
		18	
		18	
		17	
		18	
		18	
	9 h 23	18	
			1/2
		14	
		14	
		14	
			66
		20	
		19	
		19	
		19	
		18	
		18	
			1/3
Nach 7 Secunden		12	
		12	
		11	
		10	
		10	
		15	66
		17	
		17	
		17	
		17	
Durchschn. d. linken Vagus		17	
Nach 12 Secunden		17	
		17	
		17	
	9 h 30	17	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		17	
		16½	
		17	
		17	66
		17	
D. rechte Vagus durch	9 h 34	18	
	9 h 35	17	
		17	
		17	
Mechan. Reizung d. periph. Endes d. rechten Vagus		17	
	9 h 36	20	
		18	
	9 h 37	17	
		17	
		17	
	9 h 42	17	
		17	
		17	
Mech. Rzg. d. link. Vag.		18½	
„ „ „ „ „		19½	
„ „ „ „ „		19	
	9 h 44	17	
		17	
	9 h 45	17	
		17	
	9 h 48	16	
		16	
		16	
			½
		17	
		17	
		17	
		16	
		17	
		17	
		17	
		17	

Versuch 2.

Kaninchen wie das vorige, mit Curare vergiftet. Die künstliche Resp. beginnt um 12 h 24 M.

	12 h 27	22	66
		22	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		22	
			½
		19	
Es sind mehr Zählungen gemacht worden, die aber nicht abweichen		19	
		19	
			⅓
		17	
		17	
		17	
			¼
		16	
		15	
		15	
			66
		18	
		18	
		19	
		19	
		19	
		20	
		21	
		21	
Durchschn. d. beiden Vagi	12 h 39		
		21	
		21	
		21	
	12 h 41½	20	
	12 h 43	20	
			⅓
		18	
		18	
		18	
		18	
		18	
		18	
			¼
		18	
		18	
		18	
		18	
		18	
			⅛
		16	
		16	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		16	
		16	
			1/12
		14	
		14	
		14	
		14	
		14	
		14	
		14	

Versuch 3

Kaninchen mit sehr schwacher Dosis von Curare. Der Körper ganz unbeweglich, aber an den Augenlidern noch schwache Bewegung, wenn man die Conjunctiva berührt. Vor dem Schnitt in's Sternum ergiebt das Stethoskop, während die künstliche Respiration schon begonnen, 19 bis 20 Pulse in 5 Secunden. Der Versuch beginnt einige Zeit nach Blosslegung des Herzens.

		20	60
		20	
		20	
		20	
			1/2
		19	
		19	
			1/3
		13	
		13	
		13	
		13	
			1/4
		13	
		13	
		13	
		13	
			1/5
		12	
		12	
		12	
			1/6

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		12	
		12	
		12	
		12	
			1/7
		12	
Es treten convulsiv.		12	
Contraktionen der			
Athemmuskeln auf,			1/8
es wird daher einige		13	
Zeit mit Beibehal-		12	
tung der Resp. von		11	
1/10 gewartet, bis sie		12	
sich beruhigen; die		11	
Wirkung des Giftes			
scheint abgenom-			1/2
men zu haben.		17	
		17	
		17	
		17	
			60
		17	
		17	
		17	
		17	
		17	
Bewegungen der			
Athemmuskeln			1/2
		16	
		16	
		16	
		16	
Durchschn. d. linken		16	
Vagus		16	
		16	
		16	
		16	
Durchschn. d. rechten		16	
Vagus	2 h 51		
		16	
Es kommen regel-		16	
mässige Bewegungen			
der Nasenlöcher		16	
	2 h 54	16	
		16	
		16	
		15 1/2	1/2
		15 1/2	
	2 h 58	15 1/2	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Unterbrechung durch stärkere Bewegung der Respirationsmuskeln			
		16	
		16	
		16	
		16	
			1/5
		14	
		14	
		14	
			1/3
		16	
		16	
		16	
		16	
		16	
			1/4
		16	
		16	
		16	
			1/6
		14	
		14	
			1/8
		13	
		13	
Abermalige Bewegungen			1/6
		16	
		15	
		15	
		15	1/6
		15	
		15	
		15	
			1/7
		13	
		12 1/2	
		12 1/2	
		12	
		12	
			1/6

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		13	
		13	
Starke Bewegungen offenbar aus Dyspnoe, es konnte daher der Puls nicht gut gezählt werden.			1/12
			1/2
		12	
		12	
		12	
			60
		12	
		12	
			1/10
		13	
		13	
		13	
		13	
			60
		12	
		12	
		12	
			1/10
		13	
		13	
			60
		12	
		12	
			1/2
		12	
		12	

Versuch 4.

Kaninchen wie die vorigen mit Curare stark vergiftet.

	10 h 47	20	60
		20	
		20	
	10 h 49	20	
		20	
	10 h 49 1/2	20	
		20	
Nach 38 Secunden	10 h 51	18	1/3

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		18	1/3
	10 h 52	18	
Nach 35 Secunden		16	1/6
		16	
		16	
		16	
		16	
	10 h 54	16	
Nach 1 1/4 Minuten		13	1/8
		13	
	10 h 55	13	
Nach 40 Secunden		20	60
		20	
		21	
		20	
		19	
		19	
		20	
	10 h 58	20	
Durchschn. d. linken Vagus	11 h	24	
		23	
	11 h 1	20	
		20	
	11 h 1 3/4	20	
Durchschn. d. rechten Vagus	11 h 3 1/2	23	
	11 h 3 3/4	22	
	11 h 4	20	
	11 h 6	20	
		20	
		20	
	11 h 6 1/2	19 1/2	
		20	
		20	
	11 h 7 1/4	20	
Nach 13 Secunden			1/3
		20	
		19	
	11 h 9	20	
Nach 1 1/2 Minuten			1/5
		19	
		19	
		19	
		18	
		18	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		19	
		18	
	11 h 14		1/8
		18	
		18	
	11 h 14 1/2	18	
		18	1/5
		18	
			1/3
		18	
		18	
Nach 4 Minuten			1/6
		17	
		17	
		17	
	11 h 22	17	
		17	
		17	60
		18	
		18	
		18	
			1/4
		18	
		18	
			1/6
		17	
		17	
	11 h 36		1/4
		14	
		14	
		14	

Dann wird die Respiration unterbrochen und nachdem das Herz eine Zeitlang ganz venös geworden war, beschleunigen sich seine Schläge sehr bedeutend, so dass die Frequenz nach dem Urtheil aller Umstehenden (gezählt wurde nicht) die bei der früheren vollständigen Respiration vorhandene bei weitem überstieg. Dann nahm die Frequenz nach einiger Zeit wieder ab, die Bewegungen wurden schwächer, aber sehr spät, wie in allen diesen Versuchen, hörte der Herzschlag vollkommen auf.

Digitized by Google

Die Versuche dieser Reihe sollen zunächst beweisen, dass wenn man die künstliche Respiration in einer der natürlichen möglichst nahekommenden Weise ausführt und nach der Durchschneidung der Vagi fortsetzt, diese Durchschneidung zu keiner Vermehrung der Herzschläge führt. Zu diesem Beweis würden nun allerdings die 4 hier mitgetheilten Experimente nicht genügen, weil wir wissen, dass es einzelne Kaninchen giebt, bei denen auch unter sonst normalen Verhältnissen die Durchschneidung der Vagi den Puls nicht vermehrt. Lister und Moleschott haben in neuerer Zeit auf diese Fälle hingewiesen, die man als Ausnahmen von einem Gesetz betrachtet, dessen genauere Begründung gewöhnlich Mayer zugeschrieben wird. Allerdings hat Mayer in Tiedemann's und Treviranus' Zeitschrift II. Heft I. (Darmstadt 1826) die ersten genaueren Zahlenresultate über die Vermehrung des Pulses nach Durchschneidung der Vagi mitgetheilt und hiermit eine Lehre begründet, welche, wie Einige meinen, jetzt zu den sichersten in der Physiologie gehört. Wenn man aber die Originalabhandlung Mayer's vergleicht, so wird man bald gewahr, dass seine Schlüsse nichts weniger als unbedingt sind. Mayer hat 6 Versuche gemacht und fand:

1) An einem Esel: Herzschlag vor der Operation 34.
   Nach der Operation in maximo 120.
2) An einem Hund: Herzschlag vor der Operation 48.
   Nach der Operation in maximo 280.
3) An einem Kaninchen: Herzschlag vor der Operation 300.
   Nach der Operation 300 bis zum Tode.
4) An einem Kaninchen: Herzschlag vor der Operation 320.
   Nach der Operation 240 bis 300.
5) An einem Kaninchen: Herzschlag vor der Operation 320.
   Nach der Operation: 320 bis zum Tode.
6) An einer jungen Katze: Herzschlag vor der Operation 240.
   Nach der Operation 240 bis zum Tode.

Also unter 6 Versuchen nur 2 mit Vermehrung und einer wie es scheint mit Verminderung. Sicher ist die Verminderung wenigstens im Vergleich mit der Frequenz die unmittelbar vor der Operation gefunden wurde. Man vergleiche hiermit die Beobachtungen die

Digitized by Google

Moleschott im 8. Bande dieser Zeitschrift pag. 615 mitgetheilt hat und man wird begreifen, dass mir vier Versuche nicht genügen konnten meinen Satz, dass eine normale Respiration die Vermehrung des Herzschlags nach Vaguslähmung verhindert, sicher zu stellen. Ich theile, um unnütze Wiederholungen zu vermeiden, obige vier Versuche nur als Muster mit, habe aber noch eine Menge ähnlicher gemacht. Ausserdem geben auch die folgenden Versuche noch öfters Belege für meine Ansicht, und dies um so mehr, als die Pulsvermehrung nach blosser Durchschneidung der Vagi, selbst bei Kaninchen, doch nicht so selten auftritt als es scheinen könnte, wenn man nur die Beobachtungen von Mayer und Moleschott ins Auge fasst. Bei Hunden aber betrachte ich die Vermehrung des Herzschlags nach der genannten Operation geradezu als die Regel und auch bei jungen Hunden habe ich bestätigt, dass die Frequenzzunahme unter der angegebenen Bedingung nach Durchschneidung der Vagi fehlt. Man wird hiervon in der Folge zwei Beispiele finden. Es bleibt aber, dies gestehe ich zu, immer noch die Möglichkeit, dass ich auch bei meinen oft wiederholten Versuchen durch den Zufall getäuscht worden wäre, der mir ausschliesslich solche Thiere in die Hände geführt hätte, bei denen die Vagusdurchschneidung auch unter gewöhnlichen Verhältnissen den Puls nicht vermehrt hätte. Gegen diesen Verdacht schütze ich meine Lehre durch eine andere Versuchsreihe, in der ich nachweise, dass wenn man unter den angegebenen Bedingungen die Vagusdurchschneidung ohne Vermehrung der Pulszahl gemacht, und dann nach beliebiger Zeit den Athmungsmodus nachahmt, wie er in der Regel nach Durchschneidung der Vagi sogleich auftritt, man eine Vermehrung der Pulsfrequenz nachträglich erhält.

Eine Spur dieser Vermehrung hat sich schon in einigen dieser Vorversuche in schwachem Maasse gezeigt, so in dem dritten von uns hier mitgetheilten Versuch, wo wiederholt Herabdrückung der Athmungsfrequenz auf $^1/_{10}$ den Puls etwas steigerte. Warum aber war dies nicht bei jeder Herabsetzung der Athemfrequenz nach Durchschneidung der Vagi der Fall? Die Antwort auf diese Frage mögen spätere Beobachtungsreihen anbahnen.

Unleugbare Thatsache aber ist es, wie man aus der Vergleichung

der mitgetheilten Zahlen ersieht, dass dieselbe Herabsetzung der Athemfrequenz, die vor der Lähmung der Vagi den Puls sehr stark deprimirte, dies viel weniger thut, oft gar nicht thut, wenn die Vagi (Accessorii) durchschnitten sind. Im zweiten Versuch z. B. genügte nach Durchschneidung der Vagi $^1/_8$ der Respiration nicht, um die Pulsverlangsamung herbeizuführen, die vor der Durchschneidung durch $^1/_4$ der Respiration erzeugt war. Im dritten Versuch genügte vor Lähmung der Vagi $^1/_3$ Respiration um den Puls so weit zu vermindern, wie es nach der Vaguslämung $^1/_8$ Respiration that. Wer hierin nicht die Wirkung der Hemmungsnerven sieht, ist ..... mit Blindheit geschlagen.

Die nur äusserst kurz andauernde Vermehrung des Herzschlags, die gefunden wurde wenn man den Puls ganz unmittelbar nach Durchschneidung eines oder beider Vagi zählte, wird wohl Niemand mit der dauernden Vermehrung nach Lähmung dieser Nerven verwechseln. Sie ist offenbar momentane Folge der Reizung durch den Schnitt, und ganz in dieselbe Reihe mit der Vermehrung zu stellen, die im ersten Versuch auch zwei Male nach mechanischer Reizung des vorher durchschnittenen Vagus eintrat.

Zweite Versuchsreihe.

Versuch 5.

Kaninchen mit Curare vergiftet. Vorher eine mässige Hämorrhagie. Athmung vor der Vergiftung 17 in 15 Secunden. Das Herz blossgelegt. Künstl. Athmung. Die Aufzeichnungen beginnen nachdem schon einige Zeit der normale Herzschlag bei 66 Einblasungen in der Minute beobachtet worden ist.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	4 h 20	18	66
		19	
		19	
		20	
		19	
	4 h 21	20	
		19	
		19	
		20	
		19	
		19	66
		16	$^1/_4$
		16	
		16	
	4 h 24		$^1/_6$
		12	
		13	
		12	
		13	
		13	
		12	
Nun Durchschneid. des linken Vagus ohne dauernde Vermehrung. Nun wird,			

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
immer bei einer Respiration von 1/6 u. einem Puls von 12 bis 13 der rechte Vagus durchschnitten und unmittelbar darauf steigt d. Puls		17	1/6
		17	
		16	
		16	
		16	
		16	
			1/8
		17	
		17	
		18	
		18	
		18	
			1/6
		18	
		18	
		17	
		17	
			1/5
		17	
Nach 15 Secunden	11 h 24		1/3
		16	
		16	
		16	
Nach 20 Secunden			1/6
		13	
		13	
		14	
Blutung aus einer Intercostalarterie die unterbunden wird		13	
		14	
		8	
		8	
		10	
		10	
		12	1/6
		8	
		8	
Durchschn. beider Vagi immer bei 1/6 Respiration	11 h 32		
		16	
		17	
		17	
		16	
		17	
		17	
		17 1/2	
		17	
		16	
		16	
			1/2
		14	
		14	
	11 h 34 1/2	13 1/2	
		13	
		13	
		13	
Nach 10 Secunden		13 1/2	60
		13 1/2	
		13 1/2	
		13	
		13	
		13	
		13	

Es ist klar, dass hier die Vagusdurchschneidung den durch die Respiration von 1/6 herabgedrückten Puls wieder heben musste und wir sehen ihn noch mehr steigen, wenn die Respiration auf 1/8 fällt. Hingegen sinkt er wieder, als die Respirationspause noch mehr verlängert wird. Die deprimirende Wirkung des venösen Blutes erhält dann über die reizende das Uebergewicht.

Versuch 6.

Beinahe erwachsenes Kaninchen wie die vorigen, mit Curare und künstlicher Athmung präparirt.

	11 h 20	17	60
		16	
		17	
		17	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Nach 20 Secunden			1/6
		15	
		15	
		15	
		14	
		15	
Nach 15 Secunden			1/8
		15	
		15	
Nach 20 Secunden			1/16
		15	
		15	
		15	
Nach 20 Secunden			1/2
		14	
		13	
		13 1/2	
			60
		13	
		13 1/2	
		13	
		13 1/2	
Nach 20 Secunden			1/8
		16	
		17	
		16	
		16	
	11 h 45	16	
Nach 20 Secunden			1/3
		13	
		13	
		14	
		13	1/3
Nach 25 Secunden			1/8
		15	
		16	
		15	
		15	
			1/2
		14	
		13	
		13	
		13	
		13	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
			1/8
		15	
		16	
		15	
		15	
			60
		13	
		13	
		13	
			1/8
		15	
		16	
		16	
		15	
		15	
Derselbe Wechsel zwischen Resp. 1/8 und 1/2 mit gleichem Erfolg mehrmals wiederholt. Endlich unterbricht man die künstl. Respiration, der Herzschlag wird erst noch deutlich frequenter als bei 1/8 um dann langsam und allmählig aufzuhören.			

Es zeigt dieser Versuch in welchem der Herzschlag durch Blutverlust offenbar gelitten hat, wieder in der verlangsamten Respiration eine Bedingung der Vermehrung des Pulses nach Durchschneidung der Vagi.

Als später der Puls bei normaler Respiration von 60 bis zu 13 herabgesunken war, konnte ihn eine Beschränkung der Respiration auf 1/8 wieder auf 16 bis 17 d. h. auf die ursprüngliche Höhe heben, also auf eine Zahl die relativ über der normalen steht. Interessant ist der später öfter wiederkehrende frequenzerhöhende Einfluss der Respirationsbeschränkung auf 1/8.

Digitized by Google

Versuch 7.

Unter den andern hierher gehörigen Versuchen erwähne ich eines mit Curare vergifteten sehr jungen Hundes, bei welchem die künstliche Athmung in gehöriger Frequenz, aber in ungenügendem Maasse ausgeführt wurde. Er hatte vor dem Eintritt der Vergiftungssymptome 13 bis 14 Pulse in 5 Secunden und 48 bis 63 Athemzüge in der Minute. Der Puls zeigte nicht die bei grösseren Hunden häufigen Intermissionen. Die Grösse der Respirationen war, wenn das Thier nicht schrie, ziemlich regelmässig = 8, d. h. der Unterschied des Brustumfangs zwischen Inspiration und Exspiration betrug gerade unterhalb der letzten Sternalrippe 8 Einheiten meines Bleifadenmaasses. Die künstliche Respiration wurde aber nur bis zu einer Ausdehnung von circa 3 Einheiten gemacht. Diese ungefähre Graduirung der künstlichen Respiration ist leicht, wenn man sich statt des Blasebalges eines Blaseapparates mit vertikalem Stempel bedient, an dem man das verlangte Volum leicht mit Siegellack markiren kann. Es fand sich hier:

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Vor der Vergiftung		13	
		14	48
		13	bis
		14	63
		13	
Künstliche Respiration. Vor Eröffnung des Thorax durch Auscultation		11	53
		8	
		9	
		10	
Blossleg. des Herzens		9	
		9	
		10	
		9	
		9	
		9	
Durchschneid. beider Vagi. Im ersten Moment starke Beschleunigung des Herzschlags, dann nach 20 Secunden		$14\frac{1}{2}$	
		14	
		14	
		14	
Und so erhält sich bei gleicher Respiration das Herz lange bei		$13\frac{1}{2}$	
		13	
		13	
		$13\frac{1}{2}$	

In diesem Versuch hatte offenbar das ungenügende Volum der Athmung dasselbe bewirkt, wie sonst die ungenügende Frequenz. Wir werden jedoch später sehen, dass wenn die Athmung mit ungenügendem Volum vor der Durchschneidung der Vagi viel längere Zeit fortgesetzt wird, als in diesem Versuche, der Erfolg gerade der entgegengesetzte ist, d. h. die Pulsfrequenz verändert sich dann nicht mehr sogleich nach Durchschneidung der Vagi und sie nimmt in der Regel kurze Zeit später noch merklich ab.

Dritte Versuchsreihe.

In dieser stellten wir uns die Aufgabe den Puls, der nach Durchschneidung der Vagi bei künstlicher Respiration sich nicht veränderte, nachträglich durch Modification der künstlichen Athmung zu erhöhen.

Versuch 8.

Kaninchen. Vor der Vergiftung hatte es in 5 Secunden 20, 20, 21, 20, 21, 20, 20, 21, 20 Pulse. Es wird ihm eine relativ grosse Dosis Curare gegeben, und beim Eintritt der Vergiftung die künstliche Respiration eingeleitet.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	10 h 20	17	66
		17	
		17	
		18	
		17	
Eröffnung d. Thorax ohne Blutung	10 h 25		
		17	
		17	
		16 1/2	
		17	
		17	
	10 h 31	17	
Durchschn. d. linken Vagus			
Nach 15 Secunden		16 1/2	
		17	
		17	
		17	
		17	
Durchschn. d. rechten Vagus	10 h 32		
	10 h 33	18	
		17	66
		17	
	10 h 36	17	
		17	
		17 1/2	
		17	
		17	
	10 h 38	16 1/2	
		17	
		17	
Nach 20 Secunden			1/6
		19	
		18	
		19	
		18 1/2	
		19	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Nach 15 Secunden			1/3
		18	
		19	
		18	
			66
		17	
	10 h 40	17	
		16 1/2	
		17	
	10 h 42		1/4
		17	
		17	
		17	
		17	
			1/6
		17	
		18	
		17	
		18	
		17	
		17	
			66
		17	
		17	
		17	
	10 h 45		1/9
		18	
		18 1/2	
		19	
		19	
		19	
		18	
		19	
		18	
		19	
		18	
		19	
	10 h 47		
		19	1/9
		17	66
		17	
		17	
		17	
		17	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		17	
		17	
	10 h 48	17	
		18	1 1/8
		19	
		18	
		19	
		18	
		19	
		19	
Nach 20 Secunden	11 h 8		1/2
		16	
		17	
		16	
		16	
		17	
		16 1/2	
		16 1/2	
		16	
		16 1/2	
		16	
		16	
		16	
			1 1/8
		15	
		15	
		15	
		15	
		16	
		16	
		16	
		16	
		16	
			66
		16	
		16	
		16	
		16	

Das Herz scheint jetzt gegen die Venosität des Blutes ganz unempfindlich. Vierzig Minuten lang wird die Respiration zu 60 in der Minute fortgesetzt und der Herzschlag ist jetzt auf 13 gesunken. Nachdem er eine Zeitlang so constant geblieben, wird die künstliche Respiration 15 bis 20 Secunden unterbrochen. Der Puls steigt bei stark venöser Färbung des Herzens auf 15 in 5 Secunden. Nachher Respiration wieder aufgenommen. Der Puls sinkt auf 13. Dieser Wechsel wird 5 bis 6 Male mit gleichem Erfolg wiederholt.

Versuch 9.

Ein ziemlich grosser aber sehr junger Hund. 14 Pulse und 4 bis 7 Respirationen in 5 Secunden. Der Puls ist noch regelmässig, nicht wie bei älteren Hunden aussetzend. Mit Curare vergiftet. Als er schon ganz unbeweglich war, hat er 6 Respirationen in 10 Secunden.

Beim Beginn der künstlichen Respiration zu 56 hat er den Puls aussetzend, so dass nach 4 regelmässigen Schlägen eine Pause kam und in 5 Secunden nur 10, 10, 12, 12, 12 Herzschläge gezählt werden. Die Respiration wird etwas stärker gemacht und der Puls steigt wieder auf 14.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Eröffnung des Thorax		14	56
		14	
		14	
Durchschneid. beider Vagi. Der Puls wird erst etwas präcipitirt und nach 20 Secund.			
		14	
		14	
		14	
		14	
		14	
		14	
			1/2
		14	
		14	
		14	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		14	
		14	
			1/3
		15	
		16	
		16	
		15	
		16	
		15	
		15	
		15	
			1/4
		16	
		16	
		16	
		17	
		17	
		16	
		16	
		15 1/2	1/4
		16 1/2	
		17	
		16	
			1/5
		17	
		18	
		18	
		17	
		17	
		18	
			56
		14	
		14	
		13	
		14	
		14 1/2	
		14	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		14	
		13	
		13	

Der Wechsel der Respiration zwischen 1/3, 1/4 und 56 wird 6 Male mit dem hier angegebenen Erfolg wiederholt.

Dann geht man mit der Respiration auf 1/8 und 1/9 herab ohne jetzt jedoch eine grössere Frequenz zu erlangen als mit 1/4, nur ein Mal kommt noch ein Puls von 18. Sehr oft ist der Puls 17.

Versuch 10.

Junger Hund wie der vorige. Vor der Vergiftung 12 bis 13 Pulse in 5 Secund. Resp. 50 bis 60 in der Minute. Curare. Um 3h 12 beginnt die künstliche Respir. und der Herzschlag wird erst unregelmässig wie beim vorigen Hund, dann regelmässig 13 in 5 Secund. Der Herzbeutel wird nicht eröffnet, aber wohl die Brustwand. Durchschneidung der Vagi ohne dauernde Veränderung des Herzschlags. 12 Secunden nach der Operation ist er 13 in 5 Secunden und bleibt so 5 Minuten lang zwischen 12 1/2 und 13 1/2. Die künstliche Respiration war bisher stets 54. Nun wird sie vermindert.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Nach 9 Secunden			1/4
		16	
		15	
		16	
		15	
		16	
		16	
		16	
		16	
		16	
		16	
		16	
		17	
		17	
		17 1/2	
		16	
		16	
		16	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		16	
		16	
		15	
		15	
		15	
	3 h 37		54
		15	
		15	
		14	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
			1/3
		16	
		15	
		16	
		16	
		16	
		16	
		16	
		16	
		16	
		17	
		17	
		17	
		17	
		17	
		17	
		17	
		17	
		16	
		16	
		16	
		16	
		14	54
		14	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		13	
		13	
		13	54
		13	
		13	
		13	
		13	
			1/5
		15	
		16	
		16	
		15	
		15	
		15	
		15	
		15	
		16	
		16	
		16	
		16	
		16	
			1/8
		17	
		17	
		17	
		17	
		17	
		17	
		17	
		16	
		16	
		17	
			54
		14	
		14	
		14	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	
		13	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	3 h 57	13	
		13	
		13	58
			1/3
		14	
		14	
		14	
		14	
	3 h 59	15	
		14	
		15	
		15	
		15	
		15 1/2	
		15 1/2	
		15 1/2	
		15	
		15	
		15	
	4 h 1		1/6
		17	
		16	
		16	
		16	1/6
		16	
	4 h 2	16	
		16	
			54
		14	
		13	
		13	
		13 1/2	
		13 1/2	
		13	
		13	

Der Hund hat sich während der Zeit so weit wieder erholt, dass er zwar noch ganz ohne spontane Bewegung daliegt, so lange regelmässig Luft eingeblasen wird. Sobald aber jetzt die Einblasungen einige Zeit unterbrochen werden, kommen als Anzeichen von Dyspnoe einzelne Zuckungen der Gesichts- und hie und da auch der Bauchmuskeln, das Auge zuckt bei Berührung. Es wird jetzt von 4 h 3 1/2 Min. bis 4 h 8 Min. die regelmässige Lufteinblasung unterbrochen und nur dann je zwei Einblasungen gemacht, wenn Spuren dyspnoetischer Bewegungen auftreten.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	4 h 3 1/2	16	
		17	
		16	
		17	
		17 1/2	
		17	
		17	
		17	
		17	
		17	
Unterbrechung etwas länger bis sich die Bewegungen verstärken			
		20	
		19	
		18 1/2	
		18	
		20	
		18	
Häufigere Einblasungen		19	
		17	
		17	
		17	
		17	
	4 h 9 1/2	14	54
		14	
		14	
		14	
		14	
		14	
		14	
	4 h 11 1/2	13	
		14	
		13	
		13	
		13	
		13	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	4h 13	15	1/5
		14 1/2	
		15	
		16	
		16	
		16	
		16	
		15 1/2	
		16	
	4h 15		1/8
		16 1/2	
		17	
		16	
		16	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		17	
		16 1/2	
			54
		14	
		13	
		13	
		13 1/2	
	4h 17 1/2		

Der Herzbeutel wird eröffnet, das Herz ganz blossgelegt und der Puls bleibt stets 13 bis die Respiration ganz unterbrochen wird. Er steigt dann zunächst auf 17 um bald wieder abzunehmen.

Man sieht also aus diesen Versuchen, in denen der Durchschneidung der Vagi keine Athmungshemmung vorherging, so dass das Herz sich nicht für den Reiz des venösen Blutes auch nur theilweise abstumpfen konnte, dass nicht die Lähmung der Vagi selbst, aber die nachträgliche Nachahmung der charakteristischen Respiration den Puls sogar über das normale Maass erhöhen konnte. Die Erhöhung ist bedeutend genug, um mit der verglichen werden zu können, die man sonst nach der blossen Vagusdurchschneidung zu sehen gewohnt ist. Sie schwindet wenn man die Respiration wieder erhöht und kommt zurück so oft bei gehöriger Erregbarkeit des Thieres die Respirationszahl wieder sinkt. Der folgende Versuch zeigt uns dasselbe in anderer Weise, ohne künstliche Respiration.

Versuch 11.

Ein Kaninchen, dem vor etwa 3/4 Stunden die Vagi durchschnitten worden und dem man vor 1/2 Stunde die Tracheotomie gemacht, wird aufgespannt, und es wird ihm eine lange Nadel in die Brustwand und das Herz eingeführt, durch deren Schwankungen der Herzpuls gezählt wurde *). Das Herz bewegt sich relativ langsam. Der Puls wird in je 10 Secund. gezählt.

*) Bezold und Andere bedienen sich zu diesem Zwecke der sogenannten Middeldorpf'schen Nadel. Ich muss bedauern dass ich diese Nadel und ihre besondere Construction nicht kenne, und muss mich begnügen, eine einfache lange Nadel mit einem gut sichtbaren Endknopfe ins Herz einzuführen, wie ich dies bereits 3 bis 4 Jahre vor der Arbeit von Middeldorpf zu demselben Zwecke gethan habe. (Vergl. Archiv für physiologische Heilkunde 1849).

Digitized by Google

Bemerkungen.	Puls.
	28
	28
	28
	$27^1/_2$
Compression der Trachea	$27^1/_2$
mit Verengung ohne Verstopfung des Lumens	34
	34
	34
Trachea frei	28
	$27^1/_2$
	27
Trachea comprimirt	31
	31
	31
Trachea frei	29
	27
Das Thier wird einige Zeit in Ruhe gelassen, es kräftigt sich und der Puls steigt in der Ruhe (mehrmalige Zählung) auf	35
Trachea komprimirt	40
Trachea frei	35
und fällt dann langsam auf	33
	32
	31
	30
Neue Compression der Trachea	32
	32
	34
	34
Trachea frei	31
	28
	28
	$29^1/_2$
	28
	28
	28
Trachea comprimirt	36
	36
Trachea frei (mehrmalige Zählung)	28
„ comprimirt	34
„ frei	28
„ comprimirt	34
„ frei	28

Nach noch mehrmaliger Wiederholung dieser abwechselnden Compression und Freilassung der Trachea (bei der letzteren bleiben die Finger immer auf der Trachea liegen) mit demselben Erfolg wird, da der seltene Herzschlag Erfolg zu versprechen schien, der peripherische Stumpf des rechten Vagus mechanisch durch mässigen Druck zwischen den Fingern gereizt. Der Puls hebt sich auf

	32
	35
	36
	30
Ohne Druck	29
	29
	29
Neue Reizung	36
	31
Ruhe	30
	28
Reizung	37
	36
Ruhe	28

Versuch 12.

Kaninchen an den Extremitäten auf den Tisch festgebunden. Man fühlt den Puls sehr deutlich durch Auflegen des Fingers auf die Herzgegend. Der Puls giebt indessen sehr niedere Zahlen! Er ist am Anfang des Versuches 38 in 10 Secunden und wird durch Zusammendrücken der Nasenlöcher rasch und bedeutend vermindert. Nach der Compression hebt er sich rasch, erlangt aber nicht seine frühere Häufigkeit ganz wieder.

Um 11 Uhr 35 werden beide Accessorii ausgezogen. Der linke kommt ganz vollständig heraus, am rechten einige Wurzelfäden abgerissen. Keine Blutung.

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	11 h 37	34	22
			bis
			23
		33	
Etwas später		29	
		28	
		26	
		25½	
		25½	
		25	
		25	
Nasenlöcher mit dem Finger zugehalten			9
			bis
			10
		29	
		29	
		29	
Nase frei		26	
		25	23
		25	
	11 h 44	25	
Nase zugehalten			10
		26	
		26	
Nase frei			31
		19	
		19	
		19	
	11 h 47		28

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		18½	
		18	
		18	
		18	29
		18	
Nase zu	11 h 48		
		23	
Die Nasenlöcher kräftig comprimirt		23	0
		23	
Nase frei	11 h 50		27
		19½	
		18	
		18	
	11 h 51	18	
Die freiliegende Trachea von der Seite her stark verengert			
	11 h 52		9
		27	
		27	
	11 h 53	27	
		26	10
Trachea frei	11 h 54	25½	
		25	28
	11 h 55	25	
		22	
		22	
	11 h 56	19	
		19	27

Ich hätte obigen Versuch, der in mehrfacher Beziehung mangelhaft ist (der Puls wurde durch Befühlen der Herzgegend mit der Hand gezählt), gar nicht mitgetheilt, wenn er nicht als Beweis dienen sollte, dass die Lähmung der Accessorii in derselben Weise die Wirkung der Athemhemmung auf den Puls umkehrt, wie die Durchschneidung der Vagi, und dass die Accessoriusfasern es sind, auf die es hierbei eigentlich ankommt. Nun habe ich freilich bei noch vielen andern Kaninchen die Ausziehung der Accessorii vorgenommen, aber die Fälle sind selten in denen die durch die an und für sich ziemlich rohe Operation bewirkte Reizung des verlängerten Markes so gering ist, dass der Puls schon nach wenigen Minuten seine normale Frequenz

wieder hat und zu weiteren Versuchen benutzt werden kann. In andern Thieren muss man das Ende der Reizungsperiode abwarten, während welcher eine nicht normale Pulsfrequenz besteht. Hat man aber einmal ein Kaninchen nach dieser Operation zwei bis 3 Tage aufgehoben, so unterwirft man es nicht gerne einer ganzen aufeinander folgenden Reihe von Athemhemmungen, die zu sehr schwächen würden.

Die vorliegende Reihe zeigt, trotzdem der Puls in einem beständigen Sinken begriffen war, welches von der Accessoriuslähmung an sich unabhängig ist, dass die Herzschläge während der Athemhemmung häufiger waren, als während der vorhergehenden und folgenden freien Athmung. Sie zeigt in einem Versuch, dass die Kraft des Druckes mit welchem die Nase komprimirt wird, nicht nothwendig auf die Frequenz von Einfluss ist, sobald der Druck nur hinreicht, die Athmung zu beschränken.

Wir werden später sehen, dass auch andere Eingriffe, die primär auf die sensibeln Körpernerven wirken, und die bei Gegenwart der Accessorii den Puls verlangsamen, denselben beschleunigen können wenn die Accessorii nicht mehr zum Herzen leiten. Es fragt sich deshalb, ob die allzugrosse Venosität des Blutes nicht ebenfalls auf gleichem Wege durch das Gefühl der Athemnoth wirkt, die auf reflectorischem Wege von den Centren aus die Herznerven reizt, resp. überreizt. Hierauf antwortet die

Vierte Versuchsreihe.

Versuch 13.

Ein erwachsenes Kaninchen dem die Vagi blossgelegt sind und die linke Carotis eine lange Strecke frei präparirt ist, hat nach dem Ergebniss der Auscultation 29, 29, 29 Pulse in 10 Secunden, nach drei Minuten ebenso. Die Trachea wird etwas zusammengedrückt, die Athmung wird schwierig und der Puls sinkt auf 18. Das Thier sucht zu entfliehen. Der Puls wird wieder 29 und man macht eine zweite, dem Gefühl nach schwächere Compression der Trachea, der Puls sinkt auf 13. Um 10 Uhr 45 Minuten wird das Thier auf den Tisch gespannt und dem Kopf eine Lage gegeben, dass die Carotis links eine *S*förmige Biegung bildet, aus deren Richtungswechsel Zahl und annähernd die Kraft der Pulse entnommen werden.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	10 h 46		22
		29	
		29	
		28½	
		28½	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	10 h 49		23
		28½	
		29	
		28½	26
		28½	
	10 h 50	28½	25
Die Spitze eines erkalteten Eisenstabs auf dem Vagus	10 h 51	30	
		30	
Eisen weg		28½	
Nochmals Eisen auf den Vagus	10 h 52	28½	
		32	
Eisen weg		28½	
		28½	
Eisen auf d. Nerven	10h 53½	31	27
		31	
Eisen weg	10h 54½	29	
Eisen aufgelegt (ohne Erfolg)	10 h 55	29	
Eisen weg		29	
		29	
Linker Vagus durchschnitten	10 h 58	30	21½
		29	
Präparation seines centralen Stumpfes	10 h 59	28	
			22
		29	
	11 h		22½
		28½	
	11 h 12	28½	16
	11 h 15	28½	
		29	
		28½	17
	11 h 18	28½	
Das centrale Ende des Vagus galvanisirt mit sehr schwachen Inductionsströmen		29	39
Ebenso mit stärkeren Strömen	11 h 19	30	
		30-31	
Die Athmung häufig aber sehr oberflächlich		32	
			40
		31	
	11 h 21	32	
		31-32	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		33	
Reizung des central. Endes immer noch stärker	11 h 22	34	50
		34	
	11 h 23	33	
Galvanische Reizung etwas centraler	11 h 24	32	
		32	48
Der Strom ist so stark, dass man ihn mit dem Finger sehr gut fühlt	11 h 25	32	
Galvanische Reizung entfernt	11 h 28		23
	11 h 29	28	
		29	
		28½	
	11 h 30		24
Rechter Vagus durch	11 h 33		
Die Athmung wird sonor	11 h 35		6
		29½	
		31	
		31	
Athmung mühevoller	11 h 36	32	6
		31	
		32	7½
		31	
		31	
		32	8
	11 h 38	32	
		33	
		32	
		31	
		32	
		32	8
	11 h 40	31	
		32	
	11 h 48	31	
		31	
		32	
		31	
		31	
	11 h 50	31	8½
Tracheotomie	11 h 51		11

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Das Thier athmet ruhiger	11 h 52	29	
Carotis etwas rother		28½	12
		28½	
		28½	13
	12 h	29	
		29	
		28½	
		28½	
Trachealwunde unvollständig verstopft	12 h 1		8
		31	
		31	
		30	
		30	
		32	
		31	
Trachealwunde offen	12 h 4	29	
		28½	
„ zu	12 h 5	31	11
		31	
		30	
„ offen	12 h 7	29	15
	12 h 9	28	16
		28	
„ zu	12 h 10		
		30	
		31	10
			12
„ offen	12 h 12	29	14
		28½	
		29	
Das centrale Ende des Vagus links, schwach mit Inductionsströmen gereizt		29	
	12 h 15		
	12 h 16	29	22
		30	
Stärkere Reizung erzeugt eine anhaltende, in ihrer Intensität schwankende Inspiration d. Brust, mit schwachen ganz unregelmäss. respiratorisch. Bewegungen des Bauches	12 h 20		
	12 h 22	34	
		33	
		34	
		32	
		33	
		32	
		33	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Reizung noch stärker	12 h 24	34	
		33	
		32	
Reizung aufgehört	12 h 27	27½	
		27	
		26	
		26	
		26	
		27	20
Der Puls schwankt bis 12 h 36 zwischen 26 und 27	12 h 30	26	
		26	
Abermalige centrale Reizung des Vagus	12 h 36		30
		25	
		25	
Reizung hört auf		25½	33
		26	
		27	
Trachealwunde verstopft	12 h 45		13
Die Carotis wird sehr venös		30	
		31	
			14
Die Trachealwunde wird eröffnet, die künstliche Athmung vorbereitet. 33 mässige Respirationen in der Min. Der Puls wird 29.			
		29	33
		29	
		29	
Dieser Wechsel 4 Male mit gleichem Erfolg wiederholt von 1 h 9 bis 1 h 14 Minuten.			1/5
		33	
		33	
		34	
			33
		29	
		28½	
		28½	
Gehirn und verlängertes Mark rasch zerstört	1 h 14		33
	1 h 19	23-24	
		27	1/3
		28	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		28	
		26	1/4
		24	
		24	
	1 h 20		1/3
		27	
			2/3
		23	
		22	
		22	
	1 h 25		1/3
		26	
		24	
		24	
			1/7
		27	
		26 1/2	
Der Herzschlag wird schwach und unregelmässig		27	
	1 h 28		1/4
Das Herz kräftigt sich wieder	1 h 30		2/3
		24	
		24	
		24	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
			1/3
		24	
		24	
			1/4
	1 h 32	27	
		25	
			33
		22	
		23	
		23	
	1 h 33		1/4
		27	
		26	
		25	
			33
		23 1/2	
		23 1/2	
Die Athmung wird unterbrochen, die Pulse steigen auf 25, 26 und 27, während das Herz immer dunkler wird. Allmählich fängt es jetzt an schwächer und bald auch langsamer zu schlagen.			

Wir sehen bei diesem Thiere zunächst, dass Athmungshemmung vor der Durchschneidung der Vagi den Puls bedeutend herabsetzt. Sodann eine schwache Vermehrung des Herzschlags durch lokal beschränkte Einwirkung von Kälte auf den undurchschnittenen Nerven. Wie man diese Wirkung deuten mag steht dahin, aber sicher ist es, dass nach Durchschneidung dieses Nerven eine schwache galvanische Reizung des centralen Endes, also eine Reizung, die an Wirksamkeit die Kälte doch jedenfalls übertrifft, den Herzschlag nicht erhöhen konnte. Eine stärkere und sogar eine relativ sehr starke galvanische Reizung dieses centralen Endes bewirkten aber Vermehrung des Pulses, obgleich der andere Vagus und beide Sympatici vorläufig noch undurchschnitten waren. Die darauf folgende Trennung des andern Vagus bewirkt eine nur schwache Vermehrung des Pulses, es mag aber mit Hinweisung auf die folgende Versuchsreihe hierbei

Digitized by Google

bemerkt werden, dass das Kaninchen zur Zeit der Trennung des zweiten Vagus schon 48 Minuten lang auf dem Rücken aufgebunden war. Ohne diesen Umstand wäre die Vermehrung vermuthlich stärker gewesen. Als die erschwerte Athmung durch die Tracheotomie erleichtert und häufiger wurde, wobei die Carotis eine arteriellere Farbe annahm, sinkt die Pulsfrequenz wieder etwas, es ist aber wohl eine individuelle zufällige Erscheinung, dass sie bis zur Frequenz vor der Durchschneidung herabsank. Verstopfen der künstlichen Athemöffnung hebt jetzt mehrmals den Puls, die Eröffnung senkt ihn jedesmal von Neuem. Zu bemerken ist, dass auch jetzt noch galvanische Reizung des centralen Vagusendes den Puls vermehrt, aber indem sie die Athmung, wenn auch in Inspiration, sistirt. Es ist zu erwarten und auch bereits von anderer Seite her erwiesen, dass die centrale Reizung des Vagus nicht immer diesen Effect haben wird. Einmal (um 12 h 36 Min.) zeigt sich sogar in diesem Versuch eine Spur von Verminderung.

Nachdem der Puls wieder auf die Normalzahl gekommen, wird künstliche Athmung eingeleitet; der Puls wird hierdurch zunächst etwas in die Höhe getrieben, so dass er gerade so frequent ist, wie am Anfang des Experimentes und gelegentlich bestätigt sich hier wieder, dass Annäherung an den Athmungsmodus, wie er der Durchschneidung der Vagi entspricht, d. h. Verminderung der Respiration, den Puls beschleunigt. Aber diese Wirkung der Athmungshemmung verräth sich auch später noch deutlich, als Hirn und verlängertes Mark durch ein in den Schädel eingebohrtes Instrument zerstört war. Die beobachtete Vermehrung kann daher nicht, oder nicht allein, von der Athemnoth abhängen, insofern das verlängerte Mark das Organ ist, welches sie empfindet und durch welches sie wirkt. Sehen wir nun im nächsten Versuch ob das venöse Blut, um die Frequenz des Herzschlags zu vermehren, vielleicht des Rückenmarks bedarf.

Versuch 14.

Einem gesunden Kaninchen, wie das vorige präparirt, Curare unter die Haut. Sobald es unbeweglich ist, aufgebunden und künstliche Athmung eingeleitet. Längere Zeit fährt man mit 60 Respirationen in der Minute fort. Die Canüle ist nicht in die Trachea eingebunden, sondern nur durch Friction in derselben festgehalten. Puls in 10 Secunden.

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	10h 25	32	60
		32	
		32	
		31	
		31	
Die Farbe der Carotis wird etwas venös.		31	
Sie wird es allmählig	10h 30	31-32	
mehr, dabei wird der		31-32	
Puls kräftiger und es	10h 31	34	
kommen Bewegungen der Nasenlöcher		33	
	10h 32	33	
Arterie heller		30	
		32	
	10h 33	32	
		32	
		32	
Arterie wieder mehr venös	10h 34		
		34	
		33	
		33	
	10h 35	31 1/2	
		32	
		32	
		32	
	10h 36	32 1/2	
		32	
Linker Vagus durchschnitten	10h 37 1/2		
	10h 38	32	
		31 1/2	
		32	
Rechter Vagus durchschnitten	10h 39	32	
	10h 39 1/2		
	10h 40	34	
		32	
		32	
	10h 41	32	
		32	
Mässiger Druck auf den *Nervus auricularis anterior*	10h 42	33	
Stärkerer Druck ebenso		33	
		36	
Druck aufgehört		33	
	10h 43	32	
	10h 44		1/4

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		34	1/4
		33	
Der Puls auffallend			
stärker	10h 45	34	
			1/7
		34	
Ausgesprochene	10h 46	34	
Venosität der Carotis		35	
		34	
			1/6
	10h 47	34	
		34	
			1/5
		34	
			1/4
	10h 48	34	
		35	

Jetzt wird das Blut durch Athmung von 60 wieder stark arterialisirt, wobei der Puls 32, 30 1/2, 31, 31, 31, 31 wird. Dann stellt man die Respiration ganz auf so lange ein, bis die Arterie recht venös geworden und der Puls, nachdem er ein Maximum der Frequenz und Stärke erlangt hatte, wieder auffallend schwach und langsam geworden ist. Nun werden 3 bis 4 Respirationsstösse gemacht und dann abermals die Verstärkung und darauf folgende Schwächung des Pulses abgewartet. Durch mehrmalige Wiederholung dieser Versuchsweise (bei der die Pulsfrequenz übrigens 37 in 10 Secunden im Maximum kaum überschreitet) und Abmessung der dazu nöthigen Zeit an einem Secundenpendel kommt man zu dem Resultat, dass es im Durchschnitt 18 Pendelschwingungen erfordert, um den ganzen Cyclus der Pulsveränderungen zu beobachten. Schon vom zweiten Pendelschlag nach Aufhören der Respiration an sieht man wiederholt die Arterie häufiger klopfen und ihre kräftigere Aufrichtung

Digitized by Google

in der *S* beugung verrathen den grösseren Druck im Arteriensystem. Die Zunahme erreicht ihr Maximum zwischen dem 5. und 10. Schlag, dann wird der Puls immer seltener und schwächer bis zum 18. Schlag.

Nun wird die Athmung wieder auf 60 gebracht und schnell fällt der Puls bis 29, wo er kurze Zeit verharrt und endlich ist er regelmässig 27. Nun wird die Athmung wieder variirt.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
			$\frac{1}{16}$
		30	
		30	
		30	
			60
		26	
		26	
		25	
		25	
			$\frac{1}{12}$
		27	
		$26\frac{1}{2}$	
		27	
			60
		24	
		24	
		24	
			$\frac{1}{12}$
		28	
		27	

Dies wird einigemale in gleichem Wechsel und mit gleichem Erfolge wiederholt. Die Schwankungen der Frequenz stets von gleichsinnigen Schwankungen der Kraft begleitet, wie man an der Biegung der Carotis erkennt. Die Zunahme verräth sich etwas schneller durch die Kraft als durch die Frequenz. Der Puls bei Resp. 60 sinkt zuletzt auf 23.

Nun wird mittelst eines ins Hinterhaupt eingestossenen Eisenstabes das ganze centrale Nervensystem (Hirn und Rückenmark) zerstört. Es kommt kein Blut nach aussen. Sehr schnell darauf eine grosse Schwächung des Herzschlags und Abnahme seiner Frequenz.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	11 h 25	20	60
		$20\frac{1}{2}$	
		21	
Die Excursionen der Carotis kaum sichtbar	11 h 26	21	
			$\frac{1}{8}$
Puls zwar nicht schneller, aber viel kräftiger, die Zunahme an der Arterie sichtbar	11 h 27	20	
Arterie bewegt sich kräftiger		20	$\frac{1}{12}$
Der Puls wird schwächer	11 h 28		60
		19	
		18	
		17	
Puls sehr schwach an der Arterie		$16\frac{1}{2}$	
		17	
		$16\frac{1}{2}$	
	11 h 30		$\frac{1}{16}$
		$16\frac{1}{2}$	
		17	
Gleich nach einer Athmung ist der Puls viel schwächer und wird stärker wenn sich das Blut venöser färbt	11 h 32		$\frac{1}{20}$
		18	
		18	
		17	
	11 h $33\frac{1}{2}$		60
		16	
	11 h 34	14	
		12	
	11 h 35	11	
		12	
		12	
	11 h 36		$\frac{1}{16}$
		13	
		13	
		14	
	11 h 37	15	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		16	
Puls schwach		17	
		16 1/2	
		17	
	11 h 38		
		17	
			60
	11 h 39		
Puls an der Arterie kaum sichtbar		13 1/2	
		13	
		13	
		13 1/2	
		13 1/2	
	11 h 40		1/6
		15	
		16	
			60
		13 1/2	
	11 h 43	13 1/2	
			1/6
Puls etwas kräftiger		16	
		16	
		16	
	11 h 45		60
		15	
„ „ schwächer		16	
		15	
	11 h 46	16 1/2	
			1/6
		15	
	11 h 47	15	
„ „ stärker		16	
		16	
		16	
	11 h 49	16	
			1/11
		16	
	11 h 50	17	
		15	
		15	
			60
	11 h 52	11	
		11	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		10	
		10	
		9 1/2	
		9 1/2	
	11 h 53		
			1/6
	11 h 54	15	
		15	
		15	
		15	
		15	
		15	
			60
	11 h 55		
		12 1/2	
		12	
An der Arterie keine Bewegung mehr sichtbar		11	60
		10 1/2	
		10	
	11 h 57		1/6
		13	
Das Herz selbst zieht sich jetzt nur noch schwach zusammen		14 1/2	
		15	
	11 h 58		
		15	
		15	
	11 h 59		60
		12	
		9 1/2	
		9	
		9	
	12 h		
			1/6
		14	
		14	
		15	
	12 h 1		60
		13	
		8	
		10	
		10	
	12 h 3		1/6
		13 1/2	

Digitized b

Dieser Versuch bietet uns zunächst einige schwache Schwankungen des Pulses, die bei unveränderter Athmungszahl einer grösseren oder geringeren Venosität der Arterie parallel gehen. Es kommt dies vermuthlich daher, dass neben der Kanüle in der Trachea etwas Luft nach aussen entwich, wie man bei jedem Respirationsstoss deutlich hören konnte. Es war so eine Schwankung in der Intensität der Athmung möglich. Die Vagi waren dabei noch erhalten, so dass die Schwankung nach unsern bisherigen Erfahrungen gerade den entgegengesetzten Effekt hätte haben sollen, die Venosität müsste den Puls seltener machen, wenn die früheren Erfahrungen absolut generalisirt werden dürften. Man begreift aber leicht, dass auch hier der Effekt schliesslich von quantitativen Bedingungen abhängig sein muss, wie immer wenn es sich um die Reizung des Herzvagus handelt. Es ist die vorliegende Wahrnehmung die erste leise Spur, dass schwache Venosität des Blutes den Puls erhöhen kann, selbst wenn die Vagi noch thätig sind. Das Wiederauftreten von Bewegungen der Nasenlöcher während der Venosität ist uns Bürge dafür, dass die Vagi hier wirklich noch bis zur Wurzel erregbar und nicht etwa, wie man einwerfen konnte, durch eine zu grosse Dosis Curare schon gelähmt sind.

Trotzdem bringt die bald darauf folgende Durchschneidung beider Vagi keine Frequenzsteigerung hervor, weil die künstliche Athmung jetzt den Bedürfnissen völlig genügt.

Jetzt hat Druck auf den *auricularis* den entgegengesetzten Erfolg von dem, welchen derselbe Druck bei Gegenwart der Herzvagi beständig zeigt.

Die Vermehrung des Pulses, die nach Durchschneidung der Vagi fehlt, und die grössere Energie der Kontraktionen wird 4 Minuten später plötzlich hervorgerufen durch Beschränkung der bis dahin normal gehaltenen Athmung.

Eine Rückkehr der Athmung auf die Norm lässt den Puls sogleich wieder fallen und zwar jetzt vielleicht unter das Mittel vor der Durchschneidung.

Die darauf folgenden langen Athmungsperioden bestätigen den Einfluss der Venosität auf die Frequenz des Pulses.

Digitized by Google

Nachher ist der Puls in beständigem Sinken und dennoch ist noch der modificirende Einfluss der Athmung deutlich und dieser erhält sich lange, selbst nach vollständiger Zerstörung von Hirn und Rückenmark. Die Beschleunigung des Herzschlags durch das venöse Blut wird daher sicher nicht ausschliesslich durch die Centra und durch die Athem nothvermittelt, sondern beruht ganz oder grösstentheils auf einer directen Wirkung auf die Herznerven oder das Herz. Es bildet sich so ein Gegensatz gegen die verlangsamende Wirkung der Venosität bei Thätigkeit der Vagi, indem diese offenbar nur von den Centren abhängt.

Aber in diesem Versuche brauchte es nach der Zerstörung der Centra einer so sehr weit getriebenen Verlangsamung des Athmungsmodus um noch palpable Resultate zu erzielen. Ist das Thier durch die Zerstörung der Centra so viel weniger erregbar für die lokale Wirkung des venösen Blutes geworden, oder ist die lange Dauer, bis zu welcher man die Athmungshemmung fortsetzen musste, bloss geboten durch die Abstumpfung des schon so lange derartigen Athemversuchen ausgesetzten Thieres für den Reiz des venösen Blutes, so dass es jezt zur Hervorrufung einer Wirkung eines um so viel höheren Grades von Venosität bedarf? Dass diese Frage berechtigt ist, dass es eine Abstumpfung für den Reiz des venösen Blutes gibt, ist wohl nicht zu bezweifeln.

Wir dürfen allem Anschein nach die Veränderungen, welche im Gesammtbefinden des Thieres auftreten bei einer allzu seltenen Respiration, mit denjenigen vergleichen, welche, abgesehen von aller Frequenzveränderung, in einem Gasgemisch entstehen welches allzureich an Kohlensäure ist. In beiden Fällen entsteht eine überwiegende Venosität des Blutes. Nun wissen wir aber, dass eine ganz allmähliche Vermehrung der Kohlensäurespannung und eine Verminderung des Sauerstoffs beim Athmen im geschlossenen Raume noch ohne Nachtheil und ohne starke Dyspnoe ertragen wird, wenn der Unterschied gegen die athmosphärische Luft schon so gross ist, dass er hinreicht, ein anderes Individuum derselben Art, das plötzlich aus der Luft in den Gasbehälter geschoben wird, sehr schnell asphyktisch zu tödten. Könnte nicht ein langsam zunehmendes mecha-

Digitized by Google

nisches Athemhinderniss eine analoge Abstumpfung bewirken, und muss dies nicht der Fall sein, wenn das Athemhinderniss nur durch Beschränkung des Gasumtausches in den Lungen wirkt?

Wir haben gesehen, dass bei normal athmenden Thieren die Beschränkung der Respiration eine gewisse Grenze überschreiten muss, wenn sie auf den Herzschlag wirken soll. Wenn dies richtig ist, und wenn unsere Theorie in der That die Vermehrung des Pulses nach Durchschneidung der Vagi erklärt, so muss es möglich sein, ein gesundes Thier durch eine ganz allmählich wachsende oder längere Zeit angehaltene mechanische Athembeschränkung soweit gegen die Venosität des Blutes abzustumpfen, dass der Zuwachs, den diese Venosität dann durch Trennung der Vagi erfährt, nicht gross genug ist, das Herz zu reizen. Die Trennung beider Vagi muss dann ohne Frequenzvermehrung des Pulses möglich sein, ohne dass die künstliche Respiration zu Hülfe genommen wird. Diese Möglichkeit wurde geprüft in der

Fünften Versuchsreihe.

In diese gehören zunächst einige Versuche, in welchen man die Respiration dadurch beschränkte, dass man das Brustmark vom Halsmark trennte, so dass nur das Zwerchfell bei der Athmung wirksam war, und auch dieses wie es scheint nicht ganz auf normale Weise. Nach einiger Zeit wurden dann die Vagi am Halse getrennt.

Versuch 15.

Ein kleines weisses Kaninchen zeigt vor jeder Verletzung 19 Pulse in 5 Secunden (Auscultation) und 22 Respirationen in 15 Secunden. Es wird ihm subcutan und ohne äusseren Blutverlust das Rückenmark zwischen dem letzten Hals- und ersten Brustwirbel getrennt. Das Thier vorläufig nicht festgebunden. Es bleibt etwas Bewegung in den vordern Extremitäten. Operation um 5 Uhr 14 Minuten. Die Gefässe der Ohren sind sehr voll, ihre Bewegung hat aufgehört

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	5 h 24	17½	
		17½	17
		18	
		17	
		18	
		17	
		18	
		19	
		19	17
		19	
		19	
	5 h 29	19	
	5 h 34	14	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		14	
		14	
		13	
		14	17
		14	
		13	
	5 h 35	12½	
		13	
		13	
		12	15

Der Puls bleibt auf 12 während 3 Minuten. Dann wird die Beobachtung unterbrochen. Um 5h 49 Hautwunde am Halse, der Puls wird 14. Durchschneidung der beiden Halssympathici und Präparation der Vagi. Zehn Secunden nach der Trennung der Sympathici ist der Puls 17, dann fällt er wieder. Die Pupillen sind etwas kleiner geworden.

	5 h 52	14	
		14	15
	5 h 54	12	
	5 h 55		13
	5 h 56	11½	
Das Thier wird auf den Rücken festgebunden			
	6 h	15	13
	6 h 1	11	
	6 h 6	12	
		12	
		12	
Der Puls anhaltend 12 und 12½		12	16
Der rechte Vagus durchschnitten	6 h 23	12	
		12	
	6 h 24	12	
		12	
	6 h 25	12	
		12½	
Linker Vagus durchschnitten	6 h 29	12½	
		12½	4
		12½	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	6 h 31	12½	5
	6 h 33	12½	6¼
	6 h 37	12½	
		12	
		12	
		12	
		12	
		12	5¼
		12	
Mund und Nase zugehalten	6 h 40	14	
		14	
		13½	
		13½	
		13½	
Tracheotomie	6 h 44		5¼
		11	
		12	
		11	
		12	
		11	
		12	
		11	
		12	
	6 h 50	11½	
		11	
	6 h 52	10½	
		10	
	6 h 56	9½	

Später wird die Trachea unterbunden und der schwache Herzschlag zeigt eine ausserordentliche bei Säugethieren ungewöhnliche Resistenz gegen die Asphyxie. Auch die Reizbarkeit der Muskeln erhält sich mit einer Zähigkeit, die einigermassen an winterschlafende Säugethiere erinnert.

Versuch 16.

Ein weisses Kaninchen wird mit den vorderen Extremitäten allein festgebunden. Vagi und Carotiden präparirt. Das Thier ist äusserst apathisch, zittert mit den Beinen und scheint wie eingeschlafen.

Digitized by Google

In 5 Secunden 13 Pulse. Wenn das Thier viel passiv bewegt wird, steigt der Puls auf 15 und kehrt in der Ruhe etwa innerhalb 30 Secunden wieder auf 13 zurück. So wird das Kaninchen eine halbe Stunde beobachtet und dann das Rückenmark zwischen letztem und vorletztem Halswirbel durchschnitten. Kein sichtbarer Blutverlust. Ohren und hintere Extremitäten werden sehr warm. Der Puls wird nicht sogleich seltener, wohl aber wie man an den Biegungen der Carotis sieht, bedeutend schwächer.

Das Rückenmark um 2 Uhr 9 Minuten durchschnitten.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	2 h 19		13
		13	
		13	
	2 h 24	13	
		13	
	2 h 27	12	13
		12	
	2 h 30	12	
Durchschneidung beider Sympathici am Halse.			
	2 h 34		
	2 h 35	12	
		12	
		12	
Nase zugehalten, die Arterie färbt sich etwas venös.			
	2 h 40	11 1/2	
		11 1/2	
		12	
		11 1/2	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Nase frei		12	
		12	
Rechter Vagus durchschnitten	2 h 43		
(Während des Schnittes u. sogleich nachher d. Puls kräftiger)		12	
		12	
Linker Vagus durchschnitten.	2 h 45		
		12	
		12	8
		12	
	2 h 49	12	
		12	
Die Nase zugehalten bis zur Venosität der Carotis und bis das Thier starke Bewegungen macht	2 h 54	12	
		13	
		12	
		12	
		12	
Nase frei	2 h 55	11 1/2	
		11	
		11	
	3 h 3	11	
		11	

Als später der Puls bis auf 9 in 5 Secunden gesunken war, konnte er mehrmals auf 11 gebracht werden, aber es bedurfte hierzu immer 30 bis 60 Secunden lang angehaltenen vollständiger Compression der Trachea. Das Athembedürfniss ist im höchsten Grade gesunken. Die Resistenz und sogar Indifferenz gegen Asphyxie wird immer auffallender.

Diese beiden Versuche haben also keine Vermehrung des Pulses nach Vagusdurchschneidung gezeigt, nachdem eine Beschränkung der Athmung durch hohe Rückenmarksdurchschneidung das Thier gegen einen gewissen Grad von Asphyxie unempfindlich gemacht hatte. Die Unempfindlichkeit im 2ten Versuche geht sogar so weit, dass auch

Digitized by Google

eine stärkere Athemhemmung durch Verschluss der Nase kaum wirksam ist.

Ich war mit diesen Versuchen beschäftigt, als im Berliner Archiv für Anatomie und Physiologie eine Arbeit von Bernstein erschien, die, von einem ganz andern Gesichtspunkt ausgehend, ebenfalls den Einfluss der Durchschneidung des Rückenmarks am Halse auf den Erfolg der doppelten Vagustrennung untersucht. Der Verfasser findet ebenfalls, dass die Vagustrennung jetzt nicht mehr die Pulsfrequenz erhöht. Von der falschen Voraussetzung geleitet, dass die Frequenzvermehrung, welche beim sonst unverletzten Thiere der Vagustrennung folgt, von dem Wegfall des „Hemmungsnerven" herrühre, also den Ausdruck eines Tonus dieses angeblichen Hemmungsnerven sei, glaubt der Verfasser schliessen zu können, dass die hohe Rückenmarksdurchschneidung den Herzvagus seines Tonus beraube, dass also dieser Tonus von Nervenfasern aus reflectirt sei, die dem verlängerten Mark durch das Rückenmark zugeleitet würden. Es liegt diesen Versuchen die ganz richtige und längst von uns vertheidigte Ansicht zu Grunde, dass jede sogenannte automatische Thätigkeit des verlängerten Marks und der Centralorganen im Allgemeinen nichts ist als eine reflectirte.

Die folgenden Versuche werden zeigen, dass sehr einfache Mittel genügen, um den Vagus seines vermeintlichen Tonus zu berauben. Zunächst aber die Bemerkung, dass wenn auch diejenigen Rückenmarksverletzungen, welche direct den Athmungsmechanismus beeinträchtigen, die in den obigen Versuchen hervortretende Unempfindlichkeit gegen die Einwirkung der Venosität des Blutes verhältnissmässig rasch erzeugen, auch Durchschneidungen des Rückenmarks selbst in der Lendengegend, nur viel langsamer, zu einem ähnlichen Resultate führen. Das zeigt unter Anderm ein Versuch bei dem als Reagens die künstliche Athmung angewendet wurde.

Versuch 17.

Einem Kaninchen im Aetherrausch das Rückenmark in der Gegend des 2. Lendenwirbels durchschnitten. Das Thier dann in einer Zimmertemperatur von 13° sich selbst überlassen. Es bewegt sich mit den Vorderfüssen auf dem Boden umher.

Zwei Stunden später etwas Curare unter die Haut, die künstliche Athmung

Digitized by Google

wird vorbereitet und sobald das Thier unbeweglich wird, beginnen die Einblasungen. Dann wird das Herz bloss gelegt um:

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	1 h 40		60
	1 h 43	18	
		18	
		18	
		18	
			1/3
		18	
		18	
		18	
		18	
			1/4
		19	
		18	
			1/5
		18	
		17 1/2	
		18	
			1/6
		18	
		18	
			1/7
		18	
		18 1/2	

Bei der Respiration von 1/8 wird erst der Puls unregelmässig und langsam. Dann 1/6 Respiration der Puls circa 15 aber nicht regelmässig. Rückkehr zur Respiration von 1/2 und der Puls ist mehrere Minuten lang.

		16	1/4
		16	
Ein Vagus durchschnitten	2 h 3	16	
		15	
		15	
Der andere Vagus durchschnitten	2 h 5	15	
		14	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls	R.
		14	
		14	
Sehr schwache mechan. Erregung des periph. Endes eines Vagus			1/3
		14	
		14	
		14	
Reizung verstärkt		16	
		16	
		16	
Reizung unterbroch.			
		14	
		14	
		14	
Abermalige Reizung		15 1/2	
		15 1/2	
Reizung unterbroch.		12 1/2	
Reizung		15 1/2	
		15 1/2	
Reizung unterbroch.		12	
		12	

Dieselbe mechanische Reizung mehrmals mit demselben Erfolg am Vagus der andern Seite. Wie die präparirte Carotis zeigt (das Thier war vor der Vagusdurchschneidung aufgespannt worden) ist bei der Reizung der Puls nicht nur frequenter, sondern auch stärker. Es wird dann die Athmung variirt.

			1/5
		13 1/2	
		13 1/2	
			1/8
		13	
		13	

Es wird jetzt die Athmung ganz unterbrochen, der Puls kommt auf 12 und bleibt so beinahe eine Minute lang. Das Herz ist ganz venös. Es treten mit einem Male im bisher ruhigen (vergifteten)

Digitized by Google

Thiere neue Bewegungen auf als Folgen der Asphyxie, der Herzschlag sinkt auf 10 und bleibt trotz seiner Schwäche auf dieser Frequenz vier Minuten lang bis er unregelmässig wird und sehr langsam und allmählig aufhört.

In den folgenden Versuchen beabsichtigte man durch eine längere Zeit anhaltende unbequeme Lage, welche die Einathmung etwas erschwert und zugleich die Wärmeabgabe vermehrt, allmählich das Athembedürfniss des Thieres zu verringern, ehe die Vagi durchschnitten werden. Die Temperatur ist immer mit den gehörigen Cautelen nach Celsisugraden im Mastdarm gemessen. Der Herzschlag durch Auscultation.

Versuch 18.

Bemerkungen.	Zeit.	Temperatur.	Puls.	Respir. in 15
Ein mittelgrosses Kaninchen auf dem Rücken aufgespannt	9 h 5			
Aeussere Temperatur 15-17°				
		38,9	16-17	17-18
	11 h 45	34,9	16	10
Der rechte Vagus getrennt der linke vorsichtig in eine offene Fadenschlinge. Sogleich			19	18
4 Minuten später			17	10-11
5 Minuten später		34,2	16½	
Jetzt sinkt der Puls sehr langsam	2 h 25	30,5	14	8
Der linke Vagus jetzt getrennt	2 h 27		14	7
			14	7½
			14	7½
			14	
	2 h 37	30,1	12½	
Das Kaninchen wird losgebunden ist steif und obgleich es sich schwach bewegt, hat es nicht die Kraft, sich zu erheben. Es wird künstlich erwärmt und bald kräftigt es sich etwas und der Puls hebt sich, bleibt längere Zeit 13½ und kommt endlich auf			14	
Versuch 19.				
Ein Kaninchen auf den Rücken aufgespannt	9 h 45			
	9 h 50	38,3		
	10 h		24	11
			24½	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Temperatur.	Puls.	Respir. in 15.
			24	
			24	
			24	
	11 h 15	34,7	22	8 1/2
			22	8
			22	
	1 h 45	30,8	14	
	3 h 15	27,4	12-13	6-7
Rechter Vagus durchschnitten	3 h 17		16	
			15	
			14	
			13	
	3 h 18		14	10
Linker Vagus durchschnitten	3 h 24		16	10
	3 h 27		14	
	3 h 34		13	
und so noch lange			13	

Endlich nachdem der Puls anhaltend 12 geworden, wird das Kaninchen durch den Nysten'schen Hirnstich getödtet, die Leber enthält weder an demselben noch am folgenden Tage Zucker.

Versuch 20.

Bemerkungen.	Temperat.	Puls.	R.
Ein Albinokaninchen auf dem Rücken liegend festgebunden	38,6	18	
		18	
Nach zwei Stunden	36,6	17	
		16 1/2	
Nach vier Stunden	35,5	15 1/2	12
		16	
Beide Vagi durchschnitten			
Nach dieser Operation			
1/2 Minute		13-14	
		15-16	
		15-16	
3 Minuten		15-16	7 1/2
			7
5 Minuten		15-16	
15 Minuten		16	7 1/2
Galvanisation eines centralen Vagusendes		15-16	

Bemerkungen.	Temperat.	Puls.	R.
		15-16	10
Stärkere Reizung		15-16	
		15-16	11
		15-16	
Strom noch stärker		15-16	14
Die Reizung hört auf. Es wird künstliche Athmung eingeleitet. Die Zahlen geben an wie viele gleichmässig vertheilte Stösse in der Minute			
			10
		17	
		16	
		16	
		16	
		17	
		16	
		16	
		16	6

Bemerkungen.	Temperat.	Puls.	R.
		16	
			60
		14-15	
		14-15	
			6
		15-16	
		16	
		16	
		16-17	
		16	
		16	
			0
		16	
		16	
Die Trachea mit den Fingern ganz zusammengedrückt		16-17	
Rückenmark verl.			

Bemerkungen.	Temperat.	Puls.	R.
Mark und Pons Varolii mit einem Stab zerstört ohne äussern Blutverlust			
Nach kurzer Zeit		15	60
		16	6
		16-17	4
		16-17	3
(Einmal 18 Pulse in 5 Secunden)		16-17	2
Nach 30 Secunden		15	60
		15	0
Nach 30 Secunden		17	
Dann		14	
hierauf Unregelmässigkeit des Herzschlags.			

In diesem Versuche entsprechen die neben der Athmungsziffer einzeln dastehenden Pulsangaben alle 3 bis 5 gleichlautenden Zählungen. Das Kaninchen zeigt als erste Eigenthümlichkeit die ungewöhnlich geringe Abnahme der Pulszahl in der Erkaltungsperiode. Ferner ein, übrigens auch sonst nicht selten auftretendes, spurweises Sinken der Pulsfreqnenz nach Durchschneidung der Vagi. Die Galvanisation des centralen Vagusendes vermehrte hier zwar die Athemzüge dabei aber sind sie zu wenig energisch um einen Einfluss auf den Puls zu haben, der bei der darauf folgenden künstlichen Athmung vielleicht eher vorhanden ist. Wenigstens sieht man daran, dass der Puls sich bei den niedrigsten Athemzahlen etwas hebt, dass die Rückenlage die Einwirkung der Athembeschränkung auf das Herz zwar sehr vermindert, aber nicht ganz aufhebt. Dies zeigt sich auch noch nach Zerstörung der Nervencentra, die hier die Pulsfrequenz in der ersten Zeit ausnahmsweise gar nicht zu vermindern scheint. Wir werden *später sehen*, dass die hier beobachtete Wirkungsweise der centralen Vagusreizung durchaus nicht die Regel bildet.

Nicht nur auf dem Rücken sondern auch in gestreckter Lage auf einer Seite haben wir Kaninchen festgebunden bis die Wärme gesunken und die Durchschneidung beider Vagi ohne Einfluss auf die Pulsfrequenz war.

Versuch 21.

So wurde ein Kaninchen welches den Tag vorher eine Verletzung des kleinen Gehirns erhalten und in Folge davon noch an Unregelmässigkeit der Bewegung ohne Veränderung des Pulses litt, auf der rechten Seite liegend, so lange aufgespannt, bis die Wärme des Rectum auf 30° angekommen war. Der Puls ist jetzt (5 Mal gezählt) 15 in 10 Secunden. Die Athmung unregelmässig. Beide Vagi am Halse getrennt. Der Puls bald darauf, bis 10 Minuten nach der Durchschneidung anhaltend gezählt, ist meist 15 und manchmal 14 in 10 Secunden.

Das Thier wird immer schwächer, der Puls bald seltener und fällt bis auf 9 herunter, das Kaninchen scheint zu sterben und bekommt mehrere Anfälle von Tetanus. Sogleich nach einem sehr langen Krampfe wird die Brust des gefühllos daliegenden Thieres eröffnet und die künstliche Athmung eingeleitet. Das Herz macht regelmässig 3, 3, 3, 3 Pulse in 5 Secunden.

Mechanische Reizung des linken peripherischen Vagusendes steigert den Herzschlag auf 7, 7, 6, 5, die grösste relative Steigerung, die ich vielleicht je gesehen. Nach 15 Secunden ist der Puls wieder 3. Galvanisiren desselben Vagus hebt den Puls abermals auf 5, 5, 5, dann wird er unregelmässig und zeigt lange Intermissionen.

In einem der Versuche an Kaninchen haben wir eine längere Zeit fortgesetztes und allmälig verstärktes Zusammenschnüren der Trachea angewendet, um das Thier an eine spärlichere Athmung zu gewöhnen, und zuletzt bei Durchschneidung der Vagi jede Frequenzvermehrung des Pulses vermisst, während das Kaninchen dann auf einen viel höheren Grad von Trachealverringerung, der deutliche Dyspnoe und starke Venosität der Carotis bedingte, noch durch eine Erhöhung der Pulszahl von 16 auf 20 in 5 Secunden antwortete.

Wir haben die Experimente dieser Reihe nicht nur an Kaninchen öfters wiederholt, sondern auch versucht, sie auf Hunde auszudehnen. Der Versuch, durch verlängerte Rückenlage den Einfluss der Vagusdurchschneidung auf die Pulsfrequenz aufzuheben, gelingt bei ganz jungen Hunden, ehe sie sich kräftig auf den Füssen halten können. Mit der Vagusdurchschneidung verbinde man hier die Tracheotomie. Später hingegen zeigen Hunde eine ausserordentliche Resistenz gegen eine gezwungene und ausgestreckte Lage und ihre Wärme nimmt in 5 bis 6 Stunden im Rectum kaum um einen Grad ab. Länger als 6 Stunden habe ich keinen Hund zur Rückenlage zu zwingen ver-

mocht, denn die armen Thiere schreien beständig oder sehen den Experimentator so bittend an, dass dieser Versuch zu einem der lästigsten und beschwerlichsten wird, die mir auf meiner martervollen blutigen Laufbahn vorgekommen sind. Nach dem Losbinden ist der Hund noch ganz normal und sehr durstig. Uebrigens ist es nicht zu verwundern, dass Hunde, und Fleischfresser überhaupt, eine solche Lage so viel besser ertragen als Kaninchen, da sie dieselbe auch manchmal freiwillig zum Ausruhen eine Zeitlang annehmen. Hunde und Menschen leben nach einem alten Berichte, der allerdings nicht von einem Naturforscher herrührt, selbst mehrere Tage, wenn sie an den Füssen aufgehängt sind. In der guten alten christlich-germanischen Zeit pflegte man öfters Juden an den Füssen aufzuhängen und einen oder zwei Hunde daneben. (Siehe hierüber Carpzov, Praxeos crimin. quaest. 88 Nr. 45 thes. 31. Es existirt sogar eine Abbildung dieses Verfahrens auf dem Titelkupfer von Beck, Tract. de jur. judeor. Nürnberg 1731). Ich erinnere mich nun irgendwo, und wenn mich mein Gedächtniss nicht täuscht, in Lersners Chronik, gelesen zu haben, dass ein solcher Jude bis zum Ende des vierten Tages lebte, einer der begleitenden Hunde starb etwas früher, der andere aber überlebte den armen Juden.

Die Versuche mit Durchschneidung des Rückenmarks am Halse gelingen bei jungen Hunden, deren Herzschlag regelmässig ist, d. h. bei welchen nicht einzelne Herzschläge manchmal ganz ausfallen. Bei etwas älteren Hunden kommt es aber vor, dass nach 4 oder 5, durch regelmässige Pausen getrennten Herzschlägen, 3 oder 4 Pulse ganz fehlen, bis dann die Contractionen des Herzens wieder im früheren Rhythmus von Neuem anfangen. Bei diesen Hunden verschwindet die Intermission des Pulses in der tiefen Aetherisation, welche der Durchschneidung des Rückenmarks oben am Halse vorhergeht, und diese Durchschneidung selbst lässt die frühere intermittirende Form des Pulses auch nach dem Erwachen nicht zurückkehren. Die Intervalle zwischen einem Pulsschlag und dem andern sind nicht merklich kürzer als vorher und doch scheint der Puls häufiger, weil die grossen Unterbrechungen fehlen. Sehen wir von der hierdurch entstandenen Pulsvermehrung ab, so können

wir auch bei diesen Hunden die am Kaninchen gemachten Versuche mit gleichem Erfolg wiederholen.

Die Verengerungen der Trachea habe ich bei Hunden noch nicht versucht.

Die Versuche dieser Reihe lassen sich gewiss noch auf vielfache Weise variiren, vorläufig ist aber hierzu das Bedürfniss nicht vorhanden. Alles was das Athembedürfniss der Thiere herabsetzt, d. h. was sie gegen eine Beschränkung des respiratorischen Gaswechsels abstumpft, wird in einem gewissen Zeitpunkt die Durchschneidung der Vagi ohne Vermehrung der Pulsfrequenz etragen lassen. Bei Fröschen, welche schon von Natur gleichgültiger gegen Schwankungen der Athmungsintensität sind, fehlt die Pulsvermehrung nach Vagusdurchschneidung schon im Normalzustande, wie dies auch jetzt fast allgemein angenommen ist. Wenn uns früher ein Schriftsteller in Bezug auf dieses Factum widersprochen hat, so scheint es, dass er sich durch die Wirkung des Blutverlustes bei der unglücklich ausgeführten Nervendurchscheidung habe täuschen lassen.

Die Beweistähigkeit der vorstehenden Versuche könnte man in Zweifel ziehen durch die Annahme, dass mir der Zufall nur solche Thiere in die Hände geführt habe, in welchen auch ohne weitere Vorbereitung die blosse Durchschneidung der Vagi zu keiner Vermehrung des Herzschlages geführt hätte Es ist wahr, meine Versuche sind nicht zahlreich genug, eine solche Annahme geradezu zu widerlegen. Auch die drei- und vierfache Anzahl der Versuche würde, streng genommen, hierzu nicht hinreichen, da doch, wie Moleschott gezeigt hat, ein Gleichbleiben der Pulsfrequenz nach Vaguslähmung bei Kaninchen nicht gerade zu den Seltenheiten gehört. Aber man begreift, dass die Vermuthung, welche man unserer Auffassung entgegenhält, in hohem Grade unwahrscheinlich ist.

Und für die Vertheidiger der Hemmungstheorie ist mit einer solchen Annahme noch gar nichts gewonnen. Um die Existenz eines, übrigens auch mit andern Thatsachen in Widerspruch stehenden Tonus des Hemmungsnerven gegen diese hier mitgetheilten Versuche zu retten, müssen sie die Existenz dieses Tonus in vielleicht der überwiegenden Zahl der Fälle in Abrede stellen. Dies ist theilweise schon früher

versucht worden, als man die Fälle in denen bei Säugethieren (Kaninchen) die Durchschneidung der Vagi keine Puls- und Druckvermehrung erzeugt, noch für seltenere Ausnahmen halten konnte. Bezold schliesst aus meinen an Fröschen erlangten Resultaten, welche durch Moreau und Andere bestätigt worden sind, dass der Vagus bei diesen Thieren einen äusserst geringen Tonus besitzen möge.

Will man diese Ansicht auch jetzt noch festhalten, so müsste man, ganz abgesehen von dem Widerspruch in dem die Annahme eines Tonus der Hemmungsnerven des Herzens mit andern hier bereits berührten Thatsachen steht, behaupten, dass dieser Tonus bei einer Thierspecies sehr oft ganz fehlen oder wenigstens verschwindend schwach sein könne, ohne dass man im unverletzten Thier bei aufmerksamer Beobachtung des Herzschlags einen Unterschied gegen andere Individuen derselben Species bemerkte, bei denen dieser Tonus angeblich in hohem Grade vorhanden ist. Wenn früher Fowelin im Verlust des Tonus des Herzvagus eine unabwendbare Todesursache sehen konnte, indem das Herz alsdann sich anhaltend und rasch zu Tode arbeiten müsse, so müssen jetzt selbst diejenigen, welche ohne Rücksicht auf unsere Versuche am Accessorius, einen solchen Tonus annehmen zu müssen glauben, wenigstens zugeben, dass er selbst bei den Säugethieren für die Regelung der Herzfunction nicht so wesentlich sei, wie man früher glauben konnte.

Mag man aber diesen Tonus des Herzvagus für noch so wenig wesentlich halten, immerhin begründet er eine fortwährende Functionirung des Nerven in den Individuen welche den Tonus besitzen, während in vielen andern Individuen derselben Art nach der hier betrachteten Hypothese die fortwährende Thätigkeit des Vagus auf ein unbemerkbares Minimum reducirt, und dieselbe für ihre Aeusserung nur auf ausnahmsweise zufällige Anregungen verwiesen wird. Die Gleichartigkeit der Functionirung desselben Organes bei derselben Thierspecies stand bis jetzt wenigstens eben so fest, wenn nicht noch fester begründet, als die Gleichartigkeit aller Nervenfasern, welche die Vertheidiger der Hemmungsnerven, wo es ihrer Polemik zu dienen scheint, immer so laut hervorheben, um sie auf der folgenden Seite, je nachdem es ihnen passt, wieder völlig zu ignoriren. Die Analogie

zeigt uns bis jetzt keinen andern Nerven, an dem sich bei dem einen Individuum ein Tonus erkennen lässt, während er bei einem andern derselben Species fehlt oder, wie man sich ausdrückt, unbemerklich klein ist. Allerdings müssen diese der Analogie entnommenen Gründe schweigen, wo die Thatsachen zwingend auftreten. Aber diese einfachen klaren Thatsachen fehlen bis jetzt. Niemand hat noch den Herzvagus so durchschnitten, dass ausser der Nervenlähmung jede andere indirect die Herzbewegung verändernde Störung ausgeschlossen gewesen wäre, und hat darauf eine anhaltende Erhöhung der Pulsfrequenz beobachtet; die Annahme, dass eine solche Erhöhung von der Lähmung der eigentlichen Herznerven abhänge und eine Art Tonus derselben anzeige, beruhte nicht auf unmittelbarer Beobachtung, sondern nur auf einer theoretischen Betrachtung, die nach der Erfindung der Hemmungsnerven so lange einigen Boden zu gewinnen schien, bis sie direct widerlegt war. Sehen wir aber vorläufig auch von der directen Widerlegung ab, die sich auf die Versuche am Accessorius stützt, welche nun einmal beim schreibenden Publikum *intra muros et extra* in keiner grossen Gunst zu stehen scheinen, so hat sich sehr bald nach Webers und Budges Versuchen am Vagus gezeigt, dass den sogenannten Hemmungsnerven sicher nicht bei allen Thieren ein (bemerklicher) Tonus im Sinne der Hemmungstheorie zukomme, also der Tonus kein nothwendiger Begleiter der Eigenschaft ist, die man als „Hemmungsfunction" bezeichnen wollte; dass ferner dieser bemerkbare Tonus bestimmt selbst sehr vielen Individuen derselben Thierart nicht zukommt, die in andern Versuchen die Erscheinungen darbot, welche die Theorie zu seiner Aufstellung veranlasste. Bedenken wir nun, dass diese Aufstellung, selbst da, wo die Thatsachen ihr noch so günstig sind, des directen Beweises ermangelt, so darf es selbst den Anhängern der Hemmungstheorie kein zu grosses Opfer erscheinen, diesen unbewiesenen Tonus ganz aufzugeben, welcher sie, wie bemerkt, in Conflict mit einer auf weitausgreifender Analogie beruhenden, sonst noch unerschüttert dastehenden und allgemein anerkannten Lehre bringt. Es wäre nach einer andern experimentell begründeten Erklärung zu suchen, welche alle uns auf diesem Gebiete bekannten Thatsachen vollständig umfasst, und die in der Analogie

mit den übrigen am Thierkörper erkannten Erscheinungen nicht einen Gegner, sondern eine Stütze findet.

Das verschiedene Verhalten verschiedener Thiere gegen die Operation der doppelseitigen Vagustrennung deutet allerdings auf einen in der verschiedenen Individualität begründeten Unterschied hin. die individuellen Unterschiede aber, denen wir bei denselben Thierspecies begegnen, sind rein quantitative, welche indessen nie die Grenze überschreiten, jenseits welcher sie zu qualitativen umschlagen. Am häufigsten zeigen sich und am ausgedehntesten die quantitativen Differenzen in der Art, wie absolut oder relativ äussere Reize die Funktionen des Thierkörpers verändern. Dasselbe Reizmittel wirkt bei allen Individuen derselben Art auf dieselbe Weise, aber die Quantität die erfordert wird, um bei verschiedenen Individuen denselben Grad der Wirkung zu erzeugen, ist sehr verschieden Dieselbe Menge desselben Giftes die bei einem Thiere schon heftige Convulsionen erzeugt, kann ein anderes noch kaum zu belästigen scheinen, aber auch bei diesem zweiten sind die Convulsionen sicher zu erlangen, wenn man nur die Gabe den Verhältnissen entsprechend vermehrt. Auf eine solche rein quantitative Differenz führt unsere, durch die vorstehenden Experimente begründete, Ansicht die Unterschiede zurück, welche der Herzschlag nach der Vagusdurchschneidung darbietet. Das venöse Blut (und wir wählen diesen Ausdruck bis mit grösserer Sicherheit entschieden werden kann, welches Element des Venenblutes hier in Wirksamkeit tritt) reizt das Herz und vermehrt die Pulsfrequenz, wenn bei Lähmung des innern Accessoriusastes die Intensität oder die Zahl der Respirationen in einem gewissen Grad und mit einer gewissen Schnelligkeit vermindert werden. In der Regel genügt bei den Säugethieren schon die bekannte Veränderung der Respiration, welche auf die Durchschneidung der Vagi folgt, um schnell einen Grad der Venosität herbeizuführen, welcher den Herzschlag vermehrt. Diese Venosität würde aber nach einiger Zeit ihre reizende Wirkung wieder verlieren, wenn sie sich ganz gleich bliebe. Bekanntlich aber steigt sie noch einige Zeit nach Durchschneidung der Vagi, durch die Beschränkung des respiratiorischen Lungengebietes und so wird die Vermehrung des Herzschlags unterhalten und selbst noch gesteigert.

Die Fälle in denen die Pulsvermehrung einige Zeit nach Durchschneidung der Vagi wieder abnimmt, lassen sich vielleicht aus dem oft beobachteten sehr langsamen Fortschreiten der Lungenveränderung erklären.

Es kommt aber und besonders häufig bei Kaninchen vor, dass die Frequenzvermehrung nach Durchschneidung der Vagi ganz fehlt. Bei Kaninchen hängt dies oft davon ab, dass die Verminderung der Athemzahl nach Vaguslähmung in der ersten Zeit gar nicht den Grad erreicht in welchem sie auf die Pulszahl wirken kann. Die Versuche mit künstlicher Athmung lehren, dass öfters $^1/_3$ der normalen Athmungsfrequenz noch nicht genügte den Puls zu vermehren und dass es hierzu noch einer weiteren Beschränkung der Athmung bedurfte. Wir haben uns durch den Versuch überzeugt, dass eine weitere Beschränkung auch da stets wirksam wurde, wo die verminderte natürliche Athmung nach Durchschneidung der Vagi den Puls noch nicht hob.

Oder es genügt zwar die Verminderung der Athemzahl, aber ihr Effect wird ausgeglichen, durch die, nach Vaguslähmung bekanntlich stets vorhandene, Steigerung der Energie der Athemzüge [1]).

Oder die Verminderung der Respiration nach Durchschneidung der Vagi ist deshalb wirkungslos, weil das Thier absichtlich oder unabsichtlich schon vorher langsam an einen Grad der Athembeschränkung gewöhnt war, welcher sich demjenigen näherte, der durch die Vagustrennung erzeugt wird. Auch hier genügt es, künstlich die Athembeschränkungen noch mehr zu steigern, um den vermissten Effect herbeizuführen. Diese Gewöhnung kann, wie in unsern Versuchen, eine absichtliche sein, sie ist aber auch manchmal unabsichtlich, z. B. wenn man jüngern Kaninchen die Vagi durchschneidet, die vorher in Folge von Kehlkopflähmung an Athembeschränkung gelitten haben. Wo nach der Durchschneidung der Vagi keine Vermehrung auftritt, bleibt sich der Puls selten gleich, gewöhnlich kommt eine schwache Verminderung, deren Ursache noch nicht genügend erkannt ist.

Indem wir uns vorbehalten, später Versuche über die Frage mit-

---

[1]) Dies kann man auch hie und da bei Hunden in den ersten Stunden nach der doppelten Vagusdurchschneidung beobachten, doch fallen hier immer die Minima der Pulsfrequenz weg, welche vor der Operation gefunden wurden.

zutheilen ob die reizende Wirkung des Blutes auf das Herz von dem Blute in den Höhlen, oder von demjenigen ausgeübt werde, welches in den Wandungen circulirt, geben wir zum Schluss in einer

Sechsten Versuchsreihe

noch einige Experimente, welche unsere bisher exponirten Resultate weiter erläutern und bekräftigen mögen.

Versuch 22.

Kleine sehr alte Hündin. Die Vagi und die Carotiden präparirt. Eine der letzteren zur Zählung des Pulses *S*-förmig gebogen. Der Puls ist sehr deutlich und intermittirend unregelmässig. Die Pausen fast so lang wie die Perioden der regelmässig sich folgenden Schläge. Celsiusthermometer in der Vagina. (Der Hund auf den Tisch vorher aufgespannt.) Athmung immer sehr tief, langsam.

Bemerkungen.	Zeit.	Temperatur.	Puls in 10 Sec.	Athmung in 30 Sec.
	10 h 55		9-11	
			9-11	
	11 h 5	38,20	10	4
			12	
			11	3 1/2
	11 h 10			6
			16	
		38,10	15	
				4
			17	
	11 h 15			3 3/4
			18-19	
			18-19	
				4 1/2
Die Pulsschläge bis etwa 20 in 10 Sec. folgen sich nicht rascher nur die Intermissionen nehmen ab. Beim Puls von 20 kommen aber regelmässig 2 Pulse auf die Secunde.			20	
			20	
			20	
		37,80		5
			19	
			20	
				5 3/4
			21	
Der Hund zittert	11 h 20	37,90	19-20	
Durchschneidung des linken Vagus sehr tief unten am Halse. Das Thier giebt dabei kein Zeichen von Empfindung.	11 h 21	37,97		
	11 h 22		24	

Bemerkungen.	Zeit.	Temperatur.	Puls in 10 Sec.	Athmung in 30 Sec.
			24½	4½
	11 h 25	37,96	24	6
	11 h 27	37,94	23	
	11 h 30			6
			24	
Die Naslöcher mit dem Finger etwas comprimirt. Respiration mühsamer.	11 h 33		21	4
			23	
Nase frei	11 h 35		24	6
		37,81		
Durchschneidung des rechten Vagus hoch oben am Halse. Die Respiration ist durch diese Trennung des zweiten Nerven zunächst nicht bemerklich in Form und Frequenz verändert	11 h 36		26	4
			21	
		37,81	24	
	11 h 38		25½	
			25	
	11 h 39½			4
	11 h 40		25	
Die Inspiration ein wenig verlängert Die Compression der Nase scheint jetzt nicht mehr den Puls zu verlangsamen, aber man kann nicht mit völliger Sicherheit zählen da das Thier sich dabei, offenbar aus Dyspnoe, stark bewegt		37,75	24-25	
			26-27	

Bemerkungen.		Zeit.	Puls.	Athmung.
		11 h 50		4
		11 h 55	24-25	
	Leichte mechanische Reizung des periph. Endes des rechten Vagus		28	
	aufgehört		26-27	
			27	
			25	
			25	
	Reizung ebenso		27	
	fortgesetzt		28-29	
Alle diese Reizungen	aufgehört		27	
scheint das Thier			26	
gar nicht zu merken.			25	
Die Athmung ändert	Neue Reizung		29	
nicht, der Finger	aufgehört		26	
			25	

Bemerkungen.		Zeit.	Puls.	Athmung.
			25	
bleibt immer am	Reizung		28	
Vagus auf der	aufgehört		27	
Wunde.			25	
		12 h 0		4
				4
		12 h 6	24	4 1/2

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Galvanische Reizung des centralen Endes des linken Vagus	12h 9		5 1/2
		22	5 1/2
	12h 10	22	
		23	
	12h 11	22 1/2	8 1/2
		22 1/2	
		22	
Reizung aufgehört	12h 13		3
	12h 13 1/4	22	
	12h 14		3
	12h 14 1/2	25	
		25	
		25	3
		25	3 1/2
Centrale Reizung erneut	12h 17	22	
		22	8 1/2
		22	8 1/2
		22	
Centrale Reizung aufgehört	12h 20		
		23	
		24	4
		24	4 1/2
		24 1/2	4
		24 1/2	
		25	4

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Centrale Reizung erneut	12h 25	21 1/2	
Die Athmung nicht häufiger aber viel kräftiger		21 1/2	4
sie wird blasend		21 1/2	
Centrale Reizung aufgehört	12h 29	21 1/2	
		22	
		24	4
Die Athmung weniger kräftig aber immer noch agitirt		22	
		24	
Centrale Reizung	12h 31		2 !
Es entsteht nach der Reizung ein fast andauernder inspiratorischer Zustand der durch zwei Exspirationen unterbrochen ist.		22	2
		21 1/2	
Das Thier wird jetzt unruhig, es erbricht während der fortgesetzten Reizung und wird freigelassen. Tod den folgenden Tag Tiefe und ausgedehnte Lungenveränderung.			4

In diesem Versuch haben wir zunächst ohne andere Veranlassung, als vielleicht die Vorbereitung zur Durchschneidung der Vagi die bei Hunden so oft zu beobachtende unächte Pulsvermehrung. Der Puls, der sich vor der Operation längere Zeit auf 9—10 hielt, geht nach

Digitized by Google

dem Aufbinden auf den Tisch und dem Blosslegen, (ohne Verletzung der äussern Nervenscheide und ohne Quetschung) der Vagi bis auf 21. Auf diesem Steigen verharrt er dann nach Durchschneidung eines Vagus, aber die dann folgende Durchschneidung des andern Vagus setzt die Athmung nicht herab! und bedingt darum auch, ein seltener Fall bei alten Hunden, keine Vermehrung des Herzschlags, ausser durch die Reizung im Moment der Durchschneidung selbst. Nachdem 19 Minuten vergeblich auf ein weiteres Steigen des Herzschlags gewartet worden, wird das peripherische Stück eines Vagus mehrmals stets mit einer darauf wieder verschwindenden deutlichen Vermehrung des Pulses, gereizt. Reizung des linken centralen Endes hat hier den entgegengesetzten Erfolg. Während die Respiration steigt, muss die Pulsfrequenz sinken. Sie sinkt dabei bis 21, zu der Zahl vor der Verletzung des linken Vagus. Wir haben schon früher gesehen, dass Reizung des centralen Vagus wenn auch der andere und die beiden Sympathici ganz wie in diesem Versuche, mit durchschnitten sind, nicht immer denselben Erfolg hat. Es ist möglich, dass die Verschiedenheit durch den Einfluss auf die Respiration allein bedingt ist [1]).

Versuch 23.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Ein grosser alter Hund gleich nach der Ankunft im Laboratorium auf den Tisch festgebunden. Maul verbunden.	10h 22	13	9
Ohne Aetherisation die beiden Vagi und die Carotiden frei präparirt	10h 30		
	10h 45		7
Inspirationen rasch und kurz, Exspiration sehr lang gezogen	10h 46		9
	10h 52	11	
		11	
		11	
		12	6
Durchschneidung des linken Vagus tief unten am Hals	10h 53		
		18	
		16	7
		17	
Das Thier wird ungeduldig, unregelmässige Respiration	10h 56	16	
		16	
	10h 58		21
	10h 59		30
	11h	16	32

[1]) Vergleiche hierüber die Arbeit von Moleschott über die Reflexe die vom Vagus ausgehen.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Der Hund wieder ruhiger	11h 2	15	11
Durchschneidung des rechten Vagus, hoch oben	11h 5		8
		23	
	11h 6	31	5
		28	
Puls an der Carotis tricrot	11h 7	27	5
	11h 10	24	5
		24	
Schwache mechan. Reizung des peripherischen Vagusendes	11h 14	28	
		28	5
Reizung aufgehoben		24	
		24	
		23	
Reizung erneut	11h 15	27	
		27	5
Reizung aufgehoben	11h 16	22	
		22	
		22	
Reizung ebenso	11h 18	27	
		28	14
Das Thier wird ungeduldig die Respiration kurz und unregelmässig, die Reizung wird aufgehoben	11h 18½	22	
Die Respiration noch mehr agitirt	11h 20	22	13
Die Respiration wird jetzt wie convulsivisch und mit einem Male sehr selten			4
			3-4
Die Zungenränder so weit sie sichtbar sind sehr venös gefärbt		32	
		32	
		32	3½

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	11h 30	32	
Das erst festgebundene Maul wird ganz aufgebunden, die Respiration wird jetzt viel freier aber nicht frequenter	11h 32	24	3½
		24	
		24	3½
Abermalige periph. mechanische Vagusreizung	11h 33	27	
		28-29	4
Reizung aufgehört	11h 34	23	
		23	4½
Neue Reizung ebenso	11h 35	27	
		28	
Die pheripherische Reizung aufgehoben und durch schwache centrale Reizung des andern Vagus ersetzt	11h 36	20	4
		23	
		23	5
Neue peripherische Reizung	11h 38	27½	
aufgehört	11h 38½		5
		24	
		23	
Galvanische centrale Vagusreizung bei welcher die Athmung intermittirt und sehr tief wird	11h 45		4
	11h 46	20	4
		20	
		21	5
	11h 47	22	
	11h 49		9
		21	
	11h 50		14
		21	
			17
		23	
		23	
		25	24
	11h 55	24	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
	11h 58		
Die Reizung wird sehr verstärkt. Der Thorax erhält sich in Inspiration mit Oscillationen		18	9
Reizung aufgehört	12h		6
		24	
		24	9
		24	
Respiration mühsamer nicht tief	12h 3		10
		25	
		24	
		23½	
	12h 5	24	13
		22	
		22	
		20	19
	12h 7	21	
Der Hund unruhig		20½	
		19	
			11
		20½	
		19	
	12h 10		17
		18	
		18	
		18	
	12h 12		7
		21½	
		21	
	12h 13	22	
		22	
	12h 14	22	13
		19½	
Respir. unregelmässig		20	
	12h 15	20	
		21	
		22	
	12h 18		10
Schwache centrale galvanische Reizung, Respiration tief	12h 20	17	
		17	20

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
Reizung stärker		19½	
Respiration oberflächlich. Reizung aufgehört	12h 24		
		21	20
Neue centrale Reizung	12h 25	16	
		16	
Fast eine anhaltende Inspiration mit 8 Oscillationen		17½	8
	12h 28		8
		18	
		17	
		22	
Reizung aufgehört	12h 30		9
		22	
		23	
Respiration tiefer und frei			
	12h 40	17	13
		17	
			19
		18	
	12h 43		29
		16	
		16½	
	11h 44		17
		16	
			30
		16	
		15	33
			15
		21	
			14
		20	
			19
		16½	
3 bis 4 Respir. rasch hintereinander und dann eine Pause.		13	23
Der Hund wird losgebunden und einige Zeit sich selbst überlassen. In aufrechter Stellung zeigt er bald		25	5

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		27	
später		27 1/2	5 1/2
		26	
		26	
			7
		25 1/2	
		25	
		23	
		23	
			8
		19	
Aufgerüttelt		18	
			8
		22	
		21	
			5
		29 1/2	
		27	
		30	
		27	
		28	
		28	
			5
		28	
		28	
Ruhe. SiebenStunden nachher zeigte sich		26	5
		27	
		26	
Den andern Morgen. Das Thier in Ruhe.			4
		32	4
		33	
Das Thier wird etwas aufgerüttelt			7-8
		25	7-8
		24	
		26	
Der Hund im Stall in einer Streeke von 3 Metern und zurückgeführt, die venös gefärbte Zunge wird blasser		22	12
		22	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		21	12
		22	
Nach längerer Ruhe			6
		25	
		25	
		26	
Nach schwacher pass. Bewegung			6
		25	
		25	
Die gleiche Bewegung wiederholt			7
		23	
		23	
		24	
Später beim ruhenden Thier		19 1/2	9
		23	8
		23	
Kurze Bewegung			10
		20	
		21	
			10 1/2
		21 1/2	
			11
		19 1/2	
			10
		21	
			11 1/2
		19	
			11
		21	
		20	
		19	
			10
		21	
			11
		20	
			12
		19	
		19	
			9
		19	
Nach 10 Secunden		22	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		22	
		21	
		22	9
		22	
Vier Stunden Ruhe		30	6
		30	
Der Hund macht einige Schritte		25	$7\frac{1}{2}$
		25	
		25	
Etwas länger umhergeführt			10
		22	
		$21\frac{1}{2}$	
Centrale mechanische Reizung des Vagus			14
Vomiturition		$15\frac{1}{2}$	
		16	
		15	
Reizung erneuert		15	
Später nach zwei Stunden Ruhe		29	6
Passive Bewegung		19	9
Den dritten Morgen aus dem Schlaf aufgerüttelt. (Neben dem Hund eine wie es scheint frisch erbrochene schaumige grünliche Flüssigkeit)		31	4
		32	
		31	4
20 Minuten später (Ruhe)			$4\frac{1}{5}$
			$4\frac{1}{5}$
		30	
		30	
		29	
Zwei Kaninchen werden an dem Hund vorübergejagt um ihn aufzuregen. Er sieht den Thieren aufmerksam nach			
			$4\frac{1}{2}$
		27	
		26	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	R.
		26	$4\frac{1}{2}$
Die Wunde wird eröffnet		25	5
Der Hund steht freiwillig auf und geht etwas umher		23	6
Er wird lebhafter		20–21	$6\frac{2}{3}$
Einige Zeit nachdem er sich wieder ausgeruht		26	$4\frac{1}{3}$
		26	$4\frac{1}{2}$
		26	$4\frac{1}{2}$
Mechanische Reizung des periph. Vagusendes		27	
		28	
		28	
Reizung aufgehört		27	$4\frac{1}{2}$
1 Stunde später		25	5
5 Stunden Ruhe			$3\frac{1}{3}$
		28	
		27	
		28	$3\frac{1}{2}$
		27	
			$3\frac{1}{4}$
Bewegung im Hof		26	$3\frac{3}{4}$
		26	4
			4
			4
Etwas raschere Bewegung		24	$4\frac{1}{2}$
		26	4
			4
Der Hund will sich ausruhen. Er wird einmal kräftig im Kreis herumgedreht, ohne dass er irgend eine active Bewegung macht		28	4
		26	4
		26	
		26	4
Stirbt in der folgenden Nacht.			

Digitized by Google

Obgleich dieser Hund die Form der Athmung niemals dargeboten, welche gewöhnlich schon den Tag nach der Vagustrennung ein tiefes Ergriffensein der Respiration verräth, so war doch die Lungenveränderung in weitester Ausdehnung vorhanden.

Auf die Gefahr hin die Geduld des Lesers zu ermüden, dem jedenfalls sein Ueberschlagungsrecht vorbehalten bleibt, theile ich zunächst noch folgende Beobachtung mit.

Versuch 24.

Ein sehr grosser und starker Hund, dem vor ein paar Wochen eine Magenfistel gemacht worden, die wegen der gefährlichen Bissigkeit des Thieres nie benutzt werden konnte, zeigt in der Ruhe 14 Respirationen in 30 Secunden. Der Puls konnte vor dem Aufbinden des Thieres nicht ermittelt werden. Nach dem Festbinden wird erst die Röhre aus der Fistel herausgenommen und der Magen entleert. Ein Celsius'sches Thermometer wird dann im Magen mittelst eines Pfropfes fixirt. Es steigt auf 41 Grad.

Puls durch Auskultation 19—20 in 10 Secunden.

Athmung gleichzeitig 15 in 30 Secunden.

Nach Anlegung der Halswunde Puls 23.

Präparation eines Vagus Puls 25, Temperatur 41,2. Der Puls wird bald 24 und die Temperatur fällt noch vor Ablauf einer Minute auf 41,0. Eine Minute nach der Operation (10h 30) ist der Puls wieder 20.

Vagus der andern Seite präparirt, Puls 25. Temperatur des Magens steigt auf 41,1 und fällt bald wieder auf 41.

Um 10 Uhr 33½ Minuten Durchschneidung des linken Vagus. Um 10 Uhr 34 ist die Temperatur des Magens wieder auf 41,15 gestiegen und fällt dann wieder langsam auf 41.

In der folgenden Tabelle ist die Respirationszahl bis auf 1 Stunde 7 Minuten nach Durchschneidung des linken Vagus in der Viertelminute, nach der auf derselben Linie stehenden Pulszahl entnommen. Die entsprechende Modification des Pulses ist also gewöhnlich die auf der folgenden Linie. Später ist die Respiration in halben Minuten gezählt. Die angegebene Zeit ist die Minute nach der ersten Vagusdurchschneidung. Der Puls in 10 Secunden.

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	Athmung.	Temperat.
	4	22 a 23	6	41
Der Hund ist unruhig	10	25	5½	41,1
	13			
Durchschneidung des rechten Vagus. Die Respiration ist erst sehr agitirt. Dann wird sie viel ruhiger als sie vorher gewesen 15 in einer Minute, 8 in ½ Min.				

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	Athmung.	Temperat.
	13½			41.2
	13¾			41,4
	14½			41.2
	15	29	3-4	41,06
	17	25		41,05
	22	27		41,00
Die Temperatur wird immer etwas höher gegen das Ende der langen Inspiration und fällt wieder in jeder Exspiration				
	32			40,97
	32½	26		40,80
	33	25		
	34	24	5	
Centrale mechanische Reizung des Vagus	34½	22	12	41,10
Reizung aufgehört	35	24	6	41,00
	35½	22	6½	
	36	21	5½	41,00
	36½	25	4½	41,00
	37	26	4	40,80
Mechanische centrale Vagusreizung eine halbe Minute lang	40½	22	6	40.80
	41	21	8	
	42	22		
	44		6½	
Hund unruhig	44½	25-26	8	40.8
	45	22	5	
	45½	23-26	4½	
	46	22	8	40,85
Hund unruhig, häufiges Aechzen. Pause der Beobachtung. Er beruhigt sich	56	21	9	
Fast ganz ruhig	57	24	4½	
		23	4½	
	58	23	3½	
	58½	26	4	
		25½	4	
		24	4½	
	59½	25	4½	
		26	4	
		25	4	
	60½	21-22		
		22	7	
Schwache mechanische centrale einseitige Vagusreizung von einer halben Minute		21	7½	40.80
	61		6	

Digitized by Google

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	Athmung.	Temperat.
		26	6	
Hund unruhig		21	11	40,80
	62	20½	11	
		22		
Hund wieder ruhig		21	4½	
Athmung sehr tief		23	4½	
	63	23	10	
		20½		
Athmung sehr unregelmässig		21	6½	
		20½	5	
		20	7-8	
	65	23	8½	
		23	5½	
Im weiteren Verlauf des Versuches wird die Athmung in 30 Secunden gezählt				
	67	23	11½	
	67½	23		
	68	22	14	
	68½	22		
Der Hund wird ungeduldig, Athmung beschleunigt aber sehr oberflächlich	69	19½	15½	40,80
	69½	22		
	70	23	20½	
	71	21½	20	
	71½	20		
	72	19	22	40,80
	72½	20		
	73	22	13½	
	74	23½	11	
	75	24	9½	
	75½	22½		
		21		
Respiration sehr oberflächlich	76	23	14	
Respiration sehr oberflächlich	78	25½	19	
Hund unruhig		23		
	80	23	16½	40,80
	83	26	7	
		24½		
		22		
	84	22	7	
Der Hund wird wieder ganz ruhig	84½	26	7	
	85	26	7	
		26		
		26		

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	Athmung.	Temperat.
		26		
Digitalcompression eines peripherischen Vagusstumpfes 1 Minute lang	90	30		
		30		
		30		
	91	30		
		30		
	91 1/2	25		
		24		
	92	24		
		24		
Dieselbe Compression	93	29		
		29 1/2		
		29		
	94	26		40,40
Pause bis ungefähr zwei Stunden nach der ersten Vagusdurchschneidung. Der Puls während derselben ist stets zwischen 26 und 27				
	120	26	6 1/2	
		26 1/2	6 1/2	
		27	6 1/2	
		26	6 1/2	
		26	6 1/2	
Von der 125 bis 130 Minute galvanische allmälig verstärkte Reizung eines centralen Vagusstumpfes	125	21 1/2	11	
		22	8 1/2	
		24	9	
		22	8 1/2	
		21	10	
		22	11	
		20		
		20	21	40,2
		20		
		20	19	
	130	20	10	
		25	10	
		25	11 1/2	40,00
		24		
Die Athmung nimmt schon an Tiefe ab, ehe sich ihre Zahl bedeutend vermindert		24	8	
		26	7	
	132	27	7 1/2	

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	Athmung.	Temperat.
Neue Vagusreizung				
central äusserlich schwach	135	26	16	
			16	
		26	20	
etwas verstärkt		23-24	15½	
		24	16½	
		23		
noch mehr verstärkt			22	
		21		
		21	23	
		21		
		23	22½	
	140	23	22	
		25	22	
		22	22	
		21-22		
Peripherische mechanische Vagusreizung		29-30		
		29		
		27	8	39.8
		28		
Reizung aufgehört		25	6	
		25		
		24		
Pause von 10 Minuten				
Puls sets 25 einige Minuten 24				
	160	25	6	
Centrale mechanische Vagusreizung		23	10	
		22	10	
		22		
		22		
		23	10	
		24	10	
		23	8	
		22	8	
		23	8	
Reizung aufgehört		24	7	
		25	6½	
		25		
		24	6½	
		24		
		24	6½	
		24		
		24		
		25	6	
		25½		

Bemerkungen.	Zeit.	Puls.	Athmung.	Temperat.
		26	6	
		26		
		26		
		25½		
		26	6	
Centrale mechanische Vagusreizung. Respiration viel tiefer		23		
		22		
Temperatur 39,60.		23	6½	
		22		
		23		

Der Hund wird gerade drei Stunden nach der Durchschneidung des ersten Vagus freigelassen und stirbt nach etwa 30 Stunden.

Die beiden vorstehenden Versuche zeigen die Athmungsschwankungen bewirkt entweder durch eine allgemeine Erregung des Thieres (und hierher rechne ich auch die sogenannten spontanen Athmungsvermehrungen), oder durch centrale Reizung eines durchschnittenen Vagus.

Die centrale Vagusreizung kann bekanntlich, wenn sie nicht allzustark ist und die höher am Halse gelegenen sehr empfindlichen Theile des Vagusstammes vermeidet, die Respirationszahl sehr vermehren. Je stärker die Reizung ist, um so rascher folgen sich die Inspirationen; bis endlich mehrere oder viele Inspirationen zusammenfallen und die zwischenliegenden Exspirationen ganz verschwinden.

Die centrale Vagusreizung wirkt aber auch auf den Herzschlag ein und kann, wie Moleschott gefunden hat, denselben, selbst nach Abtrennung des andern Vagus und der Sympathici entweder häufiger oder seltener machen. Moleschott glaubt nach seinen Versuchen, dass die Stärke, in welcher die Reizung angewendet werde, für die Richtung des Erfolgs entscheidend sei. Je stärker der Strom, um so mehr setze er den Herzschlag herab, die Vermehrung trete hingegen nur bei einer geringen, sehr engbegrenzten Stärke der Reizung ein. Es folgt hieraus, dass die centrale Vagusreizung nach Moleschott in der Mehrzahl der Fälle, wo die Stärke des Stromes nicht mit besonderer Sorgfalt gehandhabt wird, den Herzschlag herabsetzen muss. Bezold hat bestätigt, dass centrale Vagusreizung die beiden von Moleschott angegebenen Erfolge haben könne, in Betreff der die Richtung des Erfolges bedingenden Verhältnisse ist er aber ganz ver-

schiedener Ansicht. Bei Thieren, deren verlängertes Mark noch mit dem Gehirn in Verbindung stehe, bewirkt, nach seiner Angabe die centrale Vagusreizung in der Regel und in der Mehrzahl der Fälle Vermehrung und Verstärkung des Herzschlags und nur ausnahmsweise Verminderung. Wenn man hingegen das grosse Gehirn zerstört oder abgetrennt habe (was Moleschott nie gethan hat) trete auf centrale Vagusreizung immer Verminderung ein.

Die beiden vorstehenden Versuche und eine Reihe anderer, die ich unter gleichen Bedingungen angestellt habe, scheinen in sofern mit der Annahme Moleschotts gegen Bezold übereinzustimmen, als sie zeigen, dass auch bei Gegenwart des Gehirns und bei vollkommenem Bewusstsein der Thiere, nach Durchschneidung beider Vagi und beider Sympathici am Halse, die centrale Reizung des Vagus, mag sie schwach oder so stark gewählt werden, dass man den Strom schon an den nicht befeuchteten Fingern fühlt, in der bei weitem überwiegenden Mehrzahl der Fälle Herabsetzung der Pulszahl bewirkt. Die Reizungsstelle — und dies möchte ich besonders hervorheben — war aber hier so gewählt, dass die ausgesprochen sensibeln Theile der Vagi, die Fasern der *Laryngei superiores,* nicht oder möglichst wenig vom Reize getroffen wurden. Die hier besprochenen Versuche unterscheiden sich aber von denen Bezolds wesentlich darin, dass in denselben die natürliche Athmung erhalten war, welche Bezold durch die künstliche ersetzt hatte. In unsern Versuchen bewirkt die centrale Vagusreizung eine Vermehrung der Zahl oder wenigstens der Energie der Athmung, und da wir wissen, dass nach Durchschneidung der Vagi Vermehrung der Respiration schon an und für sich genügt die Pulszahl zu vermindern, so fragt es sich, ob in den zwei hier mitgetheilten Fällen die Verminderung des Pulses der Vermehrung der Respiration parallel gehe.

Eine sorgfältige Vergleichung der hier verzeichneten Pulse und Athmungszahlen bei centraler Reizung der Vagi zeigt, wie die Theorie nach den bekannten Thatsachen bereits voraussehen konnte, dass dies nicht der Fall ist, und dass hier eine starke Erhöhung der Zahl der Athemzüge nicht nothwendig einer starken Erniedrigung der Pulszahl

entspricht, dass hier die beiden Erscheinungen sich zwar begleiten, aber nur collaterale sind.

Ganz im Gegensatz hierzu sehen wir in den beiden Versuchen, dass jede Vermehrung der Respiration die von allgemeiner Erregung herrührt und die nur einigermassen beträchtlich ist, eine Schwankung des Pulses in der entgegengesetzten Richtung zur Folge hat. Ausnahmen von dieser Regel zeigen sich, wo mit der Vermehrung der Zahl die Respiration zugleich auffallend oberflächlich wird oder wo der Puls schon vor der letzten Athmungsschwankung einem Maximum oder Minimum sehr nahe war, wie z. B. um 11 Uhr 44 Minuten des ersten dieser beiden Versuche. Nach Allem was wir von der Leichtigkeit wissen, mit der die Thiere gegen Respirationseinflüsse sich abstumpfen, dürfen wir aber nicht erwarten im Verlauf des ganzen Versuches dieselbe Athmungszahl von derselben oder nahezu derselben Pulszahl begleitet zu sehen, sondern wir müssen stets nur zwei in einem kurzen Zeitraume sich folgenden Schwankungen mit einander in Betreff ihrer Wirkung auf das Herz vergleichen.

Besonders interessant ist in dieser Beziehung die letzte Periode des ersten der beiden Hunde. In der Ruhe ist die Pulszahl am grössten und die Athemzahl am geringsten, und jede Bewegung welche die Athmung etwas erhöht, ja selbst die aufrechte Stellung, hat keine Vermehrung sondern eine Verminderung der Pulszahl in Gefolge. Es wäre wohl der Mühe werth, ähnliche Beobachtungen zu häufen. Sie bilden in ihrer äusseren Erscheinung ein Gegenstück zu den von Moleschott und Moriggia beobachteten Gegensätzen zwischen Puls- und Athemfrequenz. (Nuovo Cimento Vol. XVII. Pisa. 1863). Die hier am Hunde beobachteten Gegensätze stehen aber offenbar in causaler, die von den beiden genannten Forschern beschriebenen stehen nur in collateraler Verbindung.

Gestört wird in den beiden vorliegenden Beobachtungen das Verhältniss zwischen Respiration und Pulszahl immer da, wo eine peripherische Vagusreizung eingreift. Wir haben sie nie so stark angewendet um Verminderung des Pulses zu erhalten, jedoch sieht man oft genug beträchtliche Vermehrung.

Die Pulszahl beim ersten Hunde schwankte vor der Durch-

schneidung des zweiten Vagus zwischen 11 (mit Pausen) und 16. So war in der ersten Zählung 13. Obschon ausgesprochene Pulsvermehrung nach der Vagustrennung vorhanden war, sehen wir den Herzschlag doch oft genug auf 16 und einmal (etwa 40 Minuten nach der zweiten Vagustrennung) bei besonders bethätigter Respiration (aber ohne Reizung) wieder auf 13 zurückkommen.

Der zweite Hund hat bei der ersten Zählung vor jeder Operation 19 bis 20 Pulse. Wir sehen trotz der offenbaren Vermehrung durch die Vaguslähmung den Puls durch „spontane" Veränderung der Athmung öfter auf 20, in der 72ten Minute sogar auf 19 zurückkommen. Was konnte wohl hier in einzelnen Momenten den „gelähmten Hemmungsnerven" dem es bei diesen Hunden doch sicher nicht an „Tonus" fehlte, so vollkommen ersetzen?

Wenn man die in diesen Versuchen mitgetheilten Respirationszahlen zu Schlüssen benutzen will, so hat man in's Auge zu fassen, dass der erste Hund bis etwa 11 Uhr 50 und der zweite Hund während der ganzen Versuchsdauer auf dem Tische festgebunden war. Bei gebundenen Thieren übersteigt die Respirationszahl nach Durchschneidung der Vagi gar manchmal die vor der Verletzung gefundene.

Oehl hat so eben (Atti della societa Italiana di scienze naturali Milano 1864. pag. 94) die Beobachtung veröffentlicht, dass Durchschneidung beider Vagi die Temperatur der Bauchhöhle (bei Kaninchen) sehr vorübergehend um wenige Zehntheile eines Grades erhöhe. Dasselbe werde bewirkt, durch Durchschneidung eines Vagus, und durch Reizung des peripherischen Endes eines durchschnittenen Vagus. Wenn nach der Durchschneidung eines Vagus die Erwärmung vorüber war, und die Bauchhöhle sich wieder abkühlte, rief Durchschneidung des andern Vagus keine neue Wärmeerhöhung hervor.

Wir nahmen beim letzten Hunde die Wärmemessungen vor, um auch für dieses Thier die von Oehl bei Kaninchen gewonnenen Resultate zu prüfen und befanden uns insofern in sehr günstiger Lage, als wir nicht wie Oehl das Thermometer durch eine frische Wunde in die Bauchhöhle selbst einzuführen brauchten, und wir in unserm Falle, selbst bei Bewegungen des Thieres, keine Reizung der Därme

durch das Thermometer und keine Berührung desselben mit tiefern Darmschlingen zu fürchten hatten.

Es zeigte sich eine Erhöhung der Wärme:

bei der Reizung durch Präparation des linken Vagus um 0,2 Grade

bei der Präparation des rechten Vagus um 0,1 Grad

bei Durchschneidung des linken Vagus um 0,15 Grade

bei „ „ rechten Vagus um 0,4 Grade

bei centraler mechan. Reizung des Vagus um 0,3 Grade aber nur das erste Mal. Die folgenden Reizungen des Vagus waren wohl zu schwach um einen bemerklichen Effect hervorzubringen. Bei Unruhe des Hundes stieg das Thermometer ein Mal (in der 10ten Minute) um 0,1 Grad und ein Mal (46te Minute) um 0,05 Grade.

Der erste Hund dieser Versuchsreihe, welcher ein Thermometer in der Vagina fixirt hatte, ergab beim Durchschneiden des ersten Vagus ein sehr schwaches Steigen von 0,07 Graden, das indess seine Bedeutung dadurch verliert, dass ein beträchtlicheres Steigen beim Zittern des Thieres der Durchschneidung unmittelbar vorhergegangen war. Die spätere Trennung des andern Vagus liess das Thermometer ohne Veränderung.

Zum Schlusse bemerke ich noch, dass die Oscillationen der Temperatur, welche beim letzten Hunde nach der 22ten Minute bemerkt wurden, eine bis jetzt übersehene aber bei Hunden ganz allgemein vorkommende Erscheinung sind, die nicht von der Durchschneidung der Vagi abhängt, aber nach ihr, wegen der langen Respirationsperioden, so deutlich wird, dass sie bei diesem Hunde mit einem gewöhnlichen Thermometer mit grossen Graden bemerkt werden konnte.

Es lehren die vorstehenden Untersuchungen:

dass die Pulsvermehrung nach Vagusdurchschneidung ausbleibt, wenn man durch künstliche Respiration auch nach der Operation möglichst die natürliche vor derselben nachzuahmen sucht;

oder wenn man vor der Vagusdurchschneidung auf irgend eine Weise, durch Beschränkung der natürlichen Respiration, einen gewissen Grad von Abstumpfung gegen die erregende Wirkung des venösen

Blutes herbeigeführt hat. Häufig tritt hier statt der fehlenden Pulsvermehrung eine zunehmende Pulsverminderung ein.

Hat man unter dem Einfluss einer genügenden künstlichen Respiration die Vagi ohne Frequenzvermehrung durchschnitten, so kann durch Beschränkung der Respiration noch später eine Vermehrung der Pulszahl herbeigeführt werden. Die Vermehrung steigt bis zu einem gewissen Grade mit der Vermehrung der Venosität des Blutes, um später bei noch mehr erhöhter Venosität wieder zu fallen und endlich einer Abnahme Platz zu machen.

Auch wenn nur die Accessorii exstirpirt worden sind, bewirkt vermehrte Venosität des Blutes zunächst Erhöhung der Pulsfrequenz.

Diese Erhöhung bleibt aber unter den genannten Bedingungen aus, wenn unmittelbar vor der Nervendurchschneidung auch nur eine kurze Zeit hindurch mittelst wechselnder Athemsbeschränkung, eine gewisse Abstumpfung erlangt worden ist. In diesem Falle tritt statt der Erhöhung eine, wenn auch schwache Verminderung ein.

Vor der Lähmung der Accessoriusfäden die zum Herzen gehen (im Vagusstamm) bewirkt Athembeschränkung, in dem von uns meistens angewandten Maasse, nur Erniedrigung der Pulsfrequenz.

Die während der Dauer einer ungenügenden Athmung (an welche das Thier sich noch nicht vollkommen gewöhnen konnte) vorgenommene Durchschneidung der Vagi oder Ausreissung der Accessorii führt immer zu einer Vermehrung der Pulsfrequenz.

Hingegen kann man, wenn nach Gewöhnung an einen mässigen Grad von Respirationshemmung die Vagi ohne Einfluss auf den Herzschlag durchschnitten worden sind, durch noch weiter getriebene Athmungsbeschränkung endlich doch noch Pulsvermehrung erlangen.

Leichter und schneller noch als die Zahl, wird die Kraft des Herzschlags verändert von der Venosität des Blutes; wenigstens gilt dies nach der einen Richtung hin, der bethätigenden. Wenn Abstumpfung nach Durchschneidung der Vagi schon die Vermehrung der Pulsfrequenz durch die Athmungsbeschränkung verhindert, ist oft noch an der Arterie eine Vermehrung des Druckes wahrzunehmen. Eine allzuweit getriebene Athmungshemmung nach Lähmung der Vagi be-

einträchtigt aber auch schon die Kraft in sehr hohem Grade noch ehe die Frequenzvermehrung geschwunden ist.

Die zu weit getriebene Venosität des Blutes vermehrt und stärkt auch den Herzschlag noch nach Zerstörung der Nervencentra.

Wenn hier von einem Gleichbleiben der Pulsfrequenz nach Vagusdurchschneidung die Rede ist, gilt dies nur für die Zeit, in welcher das Thier sich von der mit dem Schnitt verbundenen unmittelbaren Reizung des Vagus wieder erholt hat. Diese unmittelbare Reizung bringt aber in der Regel eine nur wenige Secunden dauernde geringe Pulsvermehrung zu Stande. Wo der Nerv dick ist, kann aber die Pulsvermehrung in einzelnen Fällen bis zu 20 Secunden dauern.

Ein Hund mit seltener Athmung, welche nach Durchschneidung der Vagi nicht weiter verringert wurde, zeigte auch ohne weitere Vorbereitung keine Erhöhung der Pulsfrequenz in Folge der Operation.

Bei einem Hunde, welcher nach Durchschneidung der Vagi die gewöhnliche Pulsvermehrung darbot, bewirkte später jede schwache allgemeine Excitation des Körpers z. B. durch Bewegung, welche die Athmung vermehrte eine Herabsetzung der Pulszahl.

Wenn man bei einem sonst unverletzten Thiere die Vagi und Sympathici durchschnitten hat, bewirkt centrale Reizung eines Vagus am Halse in der bei weitem überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine Herabsetzung der Pulszahl und eine neue Vermehrung der Respirationen oder ein Vorwiegen der Inspiration. Hier scheint die Veränderung des Herzschlags nicht direct abhängig zu sein von der Schwankung der Respirationszahl.

Nach Durchschneidung beider Vagi bewirkt peripherische schwache Reizung eines Vagus eine Vermehrung der Pulsfrequenz, die selbst dann eintreten kann, wenn zur Zeit der Reizung die Respirationszahl gestiegen, also eine Tendenz zur Verminderung des Herzschlags vorhanden ist.

Anmerkung. Babuchin hat in einer vor wenigen Jahren zu Moskau erschienenen Dissertation einige Reizversuche am Vagus veröffentlicht, welche ihn, wie er glaubt, berechtigen, die Möglichkeit einer Vermehrung des Pulses durch Reizung des durchschnittenen Vagus in Abrede zu stellen. Aber unglücklicher als Bezold und mehrere

Andere, musste es ihm begegnen, mehrmals bei Hunden bei schwacher Reizung des peripherischen Vagusendes eine offenbare Vermehrung des Herzschlags eintreten zu sehen. In diesen Fällen giebt er sich nun alle Mühe nachzuweisen, dass hier immer zufällig die Respiration lebhafter geworden sei und dieser Bethätigung der Respiration und nicht der Reizung des Herznerven hier die Vermehrung zuzuschreiben. Das öftere Zusammentreffen einer vermehrten Respiration mit der Vagusreizung muss darin seine Erklärung finden, dass der Soldat, welcher den Hund gehalten, in den Momenten der Reizung wahrscheinlich geglaubt habe, dass es jetzt besonders auf Genauigkeit ankomme und darum das Thier stärker gedrückt habe! Wenn Babuchin wirklich beide Vagi durchschnitten hätte[1]), so müsste, wie wir jetzt wissen, vermehrte Respiration gerade das Gegentheil von dem bewirken was Babuchin davon erwartet hatte. Uebrigens hat Babuchin in seinem siebenten Versuche bei schwacher Vagusreizung auch einmal Vermehrung des Pulses von 97 auf 113 gesehen, ohne dass er die Respiration beschuldigen konnte. Hier spricht er aber von einer scheinbaren Vermehrung der sogleich „Enttäuschung“ gefolgt sei. Wie zeigt sich diese Enttäuschung? Allem Anschein nach dadurch, dass er diese Vermehrung später bei derselben oder nahezu der gleichen Reizstärke nicht wieder hervorrufen konnte. Babuchin hat übersehen, dass man, wie ich oft hervorgehoben, bei Fortsetzung eines solchen Versuches immer gradeweise stärkere Reize anwenden muss, um denselben Effect zu erhalten. Hätte er dies im Auge gehabt, so würde er nicht bei einer andern Gelegenheit bemerkt haben: „Es ist nach Schiffs Theorie ganz unerklärlich warum im Anfang ein Strom mit 100 Rollenabstand Stillstand des Herzens herbeiführte, und später ein Strom von 90 Rollenabstand nicht einmal eine merkbare Abnahme der Frequenz zur Folge hatte“. Babuchin sieht eine besondere Stütze seiner Schlüsse gegen die motorische Function des Herzvagus in den Resultaten seiner Versuche mit Anwendung des constanten Stromes. Ich selbst habe nie dergleichen Versuche angestellt und werde es vorläufig nicht thun, da ich wohl weiss, dass man mit die-

---

[1]) Was aber nicht klar aus seinem Texte hervorgeht.

sen Versuchen durchaus nichts beweist und dass sie für jetzt jeder willkürlichen Deutung fähig sind. Und in dieser Ueberzeugung sehe ich mich bestärkt, je mehr ich mich noch in neuester Zeit mit der Einwirkung des konstanten Stromes auf die Nerven beschäftigt habe. Es ist gar nicht schwer, alle Versuche mit dem constanten Strome von Bezold, Babuchin und Andern zu Gunsten der Erschöpfungstheorie auszubeuten, wenn diese eine solche Unterstützung nicht verschmähte und nicht fürchten müsste, die Versuche von Moleschott gegen sich gewendet zu sehen.

Anhang.

Die vorstehenden Versuche waren schon zum Drucke bereit, als ich das dritte Heft von Heidenhains „Studien des physiolog. Instituts zu Breslau“ Leipzig 1865 erhielt, welches endlich den Einfluss des *Nervus accessorius* auf die Herzbewegung, und zwar zum ersten Male von Seiten eines Anhängers der Hemmungstheorie, einer expermentellen Besprechung unterwirft. Aus dieser Arbeit ersehe ich zunächst, dass Heidenhain bereits voriges Jahr in einer mir nicht zugänglichen Zeitschrift über einige unter seiner Leitung ausgeführte Versuche des Herrn von Daszkiewicz berichtet hat, welche entschieden bestätigen, dass nach Zerstörung des Accessorius die Reizung des Vagus jeden Einfluss auf die Herzbewegung verliert, nichtsdestoweniger schien aber in den zwei Versuchen des Herrn von Daszkiewicz, ganz wie ich es angegeben, die Durchschneidung der Vagi die Pulszahl zu vermehren.

Heidenhain verfolgt nun in einer grössern Versuchsreihe an Kaninchen den Einfluss der Accessorii auf's Herz und nachdem auch er wiederholt meine Angabe bewährt hatte, dass nach Entartung der im Halsvagus befindlichen Accessoriusfasern die Vagusreizung „ihren gewohnten Einfluss auf die Frequenz der Herzbewegungen verloren“ habe, prüft er den Einfluss der Accessoriuslähmung auf den Herzschlag. Ehe wir ihm hierin folgen möchte ich hervorheben: 1) Man

hat, um meine Angaben, die Heidenhain hier in vollem Masse bestätigt, zu verdächtigen, behauptet, dass ich dem Vagus (mit Ausschluss des Accessorius) bloss die Fähigkeit abspreche, im stark gereizten Zustande den Herzschlag zu „hemmen“ dass ich mich aber nicht darüber ausspreche, ob Vagusreizung nicht den Herzschlag nach Zerstörung der Accessorii verlangsame. Dies beruht auf einem Irrthum; denn abgesehen davon, dass nach allgemein angenommenen Sprachgebrauch die Verlangsamung doch auch eine Hemmung, nur geringeren Grades wäre, habe ich in meiner schon vor der vierten Lieferung meines Lehrbuchs erschienenen Widerlegung Pflügers pg. 6 die Verlangsamung gerade in Abrede gestellt.

2) Unter Vagusreizung, wo derselben im Gegensatz zur Accessoriusreizung erwähnt wird, habe ich überall die Reizung des peripherischen Abschnitts des durchschnittenen Vagus verstanden. Diese an und für sich überflüssige Bemerkung stehe hier bloss zur Abwehr absichtlicher Verdrehungen.

Heidenhain hat in 23 „vollständig gelungenen“ Versuchen die Pulsfrequenz vor und nach Ausreissung der Accessorii bestimmt und darunter 21 Male eine entschiedene, nicht unbeträchtliche, Steigerung derselben als Folge der Operation wahrgenommen. Heidenhain giebt mehrere Beispiele, in welchen der Puls beim vorbereiteten Thier zuerst einige Male vor der Ausziehung der Accessorii dann mehrfach sogleich und bis $^1/_2$ Stunde nach derselben gezählt wurde, — die Vermehrung zeigt sich unzweifelhaft. Die Schlüsse welche er aus diesen Beobachtungen zieht, fallen natürlich zu Gunsten der Hemmungstheorie aus. Die beobachtete Vermehrung über die normale Frequenz, welche meinen früheren Angaben so schroff widerspricht, ist der Ausdruck der nunmehrigen Unthätigkeit der Hemmungsnerven.“

Aber noch mehr. Heidenhain durchschnitt kürzere oder längere Zeit nach Ausreissung der Accessorii die beiden Vagi und statt der von mir behaupteten Vermehrung des Pulses, die nach meinen Angaben jetzt gerade so wie nach Trennung der Vagi beim unverletzten Thier hervortreten sollte, fand er in der Mehrzahl der Fälle eine Herabsetzung der Pulsfrequenz, in vier Fällen war das Resultat

zweifelhaft und nur in zweien (abgesehen von den zwei Versuchen von Daszkiewicz) fand er eine Vermehrung.

Die von dem verehrten Breslauer Forscher angegebenen Thatsachen, seine Zahlenbefunde, sind im Allgemeinen unzweifelhaft, und jedermann wird, wenn er das von Heidenhain genau angegebene Verfahren fest hält, seine Beobachtungen und ihre unmittelbaren Resultate bestätigen, ja er wird sie sogar — wenn er meinen bisherigen Arbeiten auf diesem Gebiete gefolgt ist, — so ziemlich vorhersagen können.

Um bei Säugethieren und namentlich bei Kaninchen die normale Pulszahl kennen zu lernen, habe ich die Thiere zunächst mehrere Tage lang in möglichst ungezwungenen Verhältnissen untersucht und die Maxima und Minima bei Hunden, bei andern Thieren die häufigsten Mittelzahlen und die Minima notirt. Niemals wurden die Thiere unmittelbar nach einer aktiven oder passiven ungewöhnlichen Bewegung zu diesem Zwecke untersucht. Bei Kaninchen und überhaupt kleinen Thieren diente in der Regel die unmittelbare Auscultation, bei welcher das Thier, nachdem es kurze Zeit an die Berührung mit dem auf dem Tisch ruhenden Kopfe des Beobachters gewöhnt worden, auf das Ohr gesetzt oder neben das Ohr gehalten wurde [1]).

Eine Controle dafür, dass der Pulsschlag nicht durch Angst und Aufregung vermehrt war, lag darin, dass während der längere Zeit

---

[1]) In neuester Zeit bediene ich mich, um den normalen Puls der so sehr furchtsamen Kaninchen zu ermitteln, eines andern sichereren und rascheren Verfahrens. Das Thier wird, damit es die umstehenden Personen nicht sehen könne, und durch ihre Bewegungen nicht beeinträchtigt werde, mit einem hohen schornsteinförmigen Schirm von Gutta-Percha umgeben. Unter seine Brust wird ein kleines Luftkissen von Kautschuk gebracht, welches an seiner untern Hälfte mit einer Metallschale fest verbunden ist, so dass eigentlich nur die Oberfläche dieser Trommel frei beweglich und kompressibel ist. In die Trommel führt eine Röhre mit Hahn zum Aufblasen. An der Seite ist ferner eine Stelle durch eine viel dünnere und dehnbarere Gummiplatte verschlossen und die kurze Hülse, welche diese umgiebt trägt ein beliebig ($1^1/_2$ Meter) langes festeres Gummirohr, welches unter dem Schirme hindurch geführt und mit seinem andern, ein Glasrohr tragenden Ende in's Ohr des Beobachters eingeführt wird, der auf diese Weise aus der Ferne sehr gut Athmung und Herzschlag des ruhigen Thieres auscultiren kann.

in gleicher Lage fortgesetzten Auscultation keine anhaltende zu auffallende Verminderung der Pulszahl eintrat, wie dies beim allmäligen Gewöhnen der Thiere an eine im Anfang angsteinflössende Stellung der Fall ist. War auf diese Weise der normale Puls gewonnen, so wurden die Accessorii ausgerissen (im Aetherrausch) und nach 2 bis 3 Tagen, wenn die Erregung durch die Wunde vorüber war, wurden die Pulszählungen von Neuem begonnen. Der Puls hatte nicht zugenommen. Er hielt sich bei Katzen, Ziegen und Kaninchen innerhalb der früheren Zahlen, das Minimum war sogar bei Katzen und Kaninchen im Allgemeinen leichter und häufiger zu erlangen. Bei Hunden hingegen war das Minimum viel und auffallend seltener geworden, es war fast verschwunden, das Maximum war ebenfalls etwas seltener, die normalen Mittelzahlen herrschten bei weitem vor. Und dieses Verschwinden der Minima ist, wie ich schon an einem andern Orte bemerkte, um so auffallender, wenn man an jüngern Hunden operirt, denen früher einmal zu irgend einem andern Zwecke die *recurrentes* durchschnitten worden waren. Dieses Verschwinden der Minima bei Hunden ist keine wahre Vermehrung, es beruht auf dem Aufhören der Intermissionen des Pulses bei den Athmungsphasen. Der jetzt gleichförmig, regelmässig, häufiger, aber nicht schneller gewordene Puls zeigt, was ich in der vorstehenden Abhandlung „unächte“ Vermehrung genannt habe.

Auf diese Beobachtungen gründete und gründe ich den Ausspruch, dass die Zerstörung der Beinerven keine Pulsvermehrung erzeugt.

Sehen wir nun wie Heidenhain zu der entgegengesetzten Ansicht gekommen ist. Um den normalen Puls kennen zu lernen präparirte Heidenhain am gut befestigten Thier zunächst die Accessorii bis an das *foramen jugulare* und auskultirt dann das Kaninchen mehrmals in kurzen Zwischenzeiten. Es ist hierauf leicht die Nerven auszuziehen, um in kürzester Zeit und ohne jede andere Veränderung als die Ausrottung der Nerven den Puls mit dem „normalen“ zu vergleichen.

Die Vorbereitungen zur Operation, welche der Ermittelung der Pulsfrequenz vor Ausreissung der Accessorii vorhergehen, schildert

Heidenhain pag 113 seiner Abhandlung. „Das Operationsthier wird," sagt er, „in passender Weise auf dem Rücken befestigt, der Kopf durch eine um die Schneidezähne des Oberkiefers gelegte Schlinge fixirt. Und dies geschieht, wie wir auf derselben Seite lesen, am besten bei halbwüchsigen Kaninchen, da bei grossen und alten die Operation zu schwer ist. Durch die um die Zähne gelegte Ligatur, welche den Kopf fixiren soll, wird natürlich der Scheitel und die Gegend des Hinterhaupts vor den Ohren mit ziemlicher Kraft wider die Unterlage angedrückt. Wie nun jeder mit der Sache Vertraute sich leicht erinnern wird, ist aber in meinem Aufsatz „über die angebliche Hemmungsfunction des *Nervus laryngeus superior*" bereits angegeben, und in einem in dem *Comptes rendus* der Pariser Akademie des vorigen Jahres abgedruckten Briefe an Flourens wiederholt worden, dass Druck auf die Kopfhaut bei halbwüchsigen Kaninchen auf reflectorischem Wege eine Ueberreizung des Beinerven hervorruft, welche die Zahl der Herzschläge bedeutend vermindert, dass ferner, wie sich hiernach übrigens von selbst versteht, dieser Druck wirkungslos wird, wenn man den Accessorius ausgezogen hat. Man sieht also, dass Heidenhain in seinen 21 vollständig gelungenen Versuchen den Puls erst künstlich verminderte um dann durch Ausreissung der Herznerven die normale Frequenz wieder herzustellen. Seine vermeintliche Vermehrung des Pulses beruht grösstentheils auf dieser durch die Unterbrechung des Reflexmechanismus gesetzten Aufhebung der künstlichen Verlangsamung. Ja wir wagen dreist zu behaupten, dass die zwei Kaninchen, von welchen Heidenhain keine bestimmte „Vermehrung" nach Ausreissung der Accessorii erlangte, wenn sie wirklich halbwüchsige waren, ebenfalls ganz seinen Wünschen und Erwartungen entsprochen hätten, wenn er nur die Schlinge um die obere Schneidezähne etwas fester angezogen hätte.

Man weiss übrigens, dass auch Druck an andern Körperstellen, obgleich mit geringerer Sicherheit und Beständigkeit, genügt, um Kaninchen für den Heidenhain'schen Versuch vorzubereiten, d. h. um die Zahl der Herzschläge durch reflektorische Ueberreizung des Accessorius zu vermindern.

Bei günstiger Anbringung des Druckes auf das Hinterhaupt kann man, wie ich vor mehreren Jahren den Herren Valentin und Longet zu demonstriren Gelegenheit hatte, die „normale“ Frequenz des Herzschlags bei kleinen Kaninchen so weit herabdrücken, dass sie Ausziehen der Accessorii bis auf das dreifache zu steigern im Stande wäre.

Ehe ich weiter gehe, sei es mir erlaubt, einige Versuche anzuführen die speciell den Einfluss des Druckes auf den Kopf durch Aufbinden desselben auf ein Brett in Bezug auf die Pulsfrequenz demonstriren.

Mittelgrosses Kaninchen, frei, Puls in 15 Secunden
56—58—58—57—58—59 und 29 Respir. in 15 Secunden.
Kopf mit einer um die Schneidezähne gelegten Schlinge auf ein Brett festgeschnürt
Puls 49—49—53—51—52—52—53 und 12 Respir.
Die Schlinge um den Kopf wird durch Unterschieben eines andern dünnen Brettchens gespannt.
Puls 55—52 50—50—50—52—50—50—52—52—49—49—51—50—50—52.
Der Kopf losgebunden: sogleich
Puls 60—59—59—60—57—57 und 31 Respir.
Kopf wieder schwächer festgebunden:
Puls 55—53—52—51 und 18 Respir.
Kopf frei:
Puls 57—56—56—57—57
Das Kaninchen losgebunden:
Puls 60—59—59.

Ein anderes kleines sehr lebhaftes und furchtsames schwarzes Kaninchen zeigt nachdem es einige Zeit auf dem Tisch mit der Hand gehalten worden in 15 Secunden:
Puls 90—90—88—82—81—80—80 80—80—79—78—80—78—79
und später in 5 Secunden: 26—27—27—26—25—25—26.
Gebunden und mit dem Kopf auf ein Brett festgeschnürt.
(Um die oberen Schneidezähne)
in 15 Secunden Puls: 61. 62—61—60—60—60

und in 5 Secunden 21—20—20 und so 20 noch mehrere Male.

Kopf fester geschnürt:

in 5 Secunden: Puls 12—12—13—12

Kopf gelockert, fast frei:

in 5 Secunden Puls: 24—24—24—24

Kopf viel fester geschnürt

in 5 Secunden 8—8—$7^1/_2$.

Kopf frei

in 5 Secunden 24—24—26—26—25—25.

Man begreift, dass in diesen Versuchen die Extraction der Accessorii wie die Lösung des Kopfes gewirkt, indem sie den Einfluss des Druckes aufgehoben hätte.

Es ist nicht gerade anzunehmen, dass Heidenhain den Druck auf den Kopf jedesmal so weit getrieben habe um eine merkliche Verlangsamung des Pulses hervorzubringen, aber die hier erwähnten Verhältnisse sind nicht die einzigen, welche zur irrigen Annahme einer Pulsvermehrung nach Lähmung der Accessorii führen können. Die Art, wie man die Accessorii ausreisst, muss, wenn die Operation einigermassen gelingt, zu einer Zerrung der Seitentheile des verlängerten Marks und oberen Halsmarkes führen, in welche sich die kleinen Würzelchen einpflanzen, die man durch Zug herausreisst. Folge dieser Zerrung ist eine Reizung, die in der ersten Zeit nach der Operation den Herzschlag erhöhen kann, indem sie sich vom verlängerten und Rückenmark auf die Spinalnerven fortpflanzt, deren Erregung nach Budges von Bezold auch mittelst der manometrischen Messung bestätigten Entdeckung, den Herzschlag bethätigt. Budge hat gefunden (Frorieps Tagesberichte 1852 Nr. 441) und dies scheint man in neuester Zeit vielfach übersehen zu haben, dass nicht nur die Reizung der von Kopf und Hals zum Herzen absteigenden Nerven auf den Herzpuls wirkt, sondern dass (bei Fröschen) auch Reizung des ganzen hinteren Theils des Grenzstranges des Sympathicus, vom Steissbein an nach vorn bis in die Nähe des Herzens, den Schlag des letzteren beschleunigt und er giebt an, dass auch dem Theil des Rückenmarks, aus dem der hintere Abschnitt des Sympathicus entspringt, derselbe Einfluss zukomme. Budge macht diese Versuche

gewöhnlich an Thieren denen der Vagus oder das verlängerte Mark zerstört ist, weil sie dann nach seiner Erfahrung schlagender ausfallen. Budge hat auch nach Blosslegung des Herzens gesehen, dass der äusserst schwach gewordene Herzschlag nach der Reizung der angegebenen Theile des Nervensystems sich wieder auffallend kräftigte. Von Budge liegt nur eine fragmentarische Mittheilung vor und er giebt nicht an, wie er sich gegen Stromschleifen u. s. w. geschützt hat. Hingegen haben die Untersuchungen die den Inhalt des zweiten Heftes von Bezold's Arbeit über die Herznerven ausmachen, Budges Angaben nicht für Frösche, aber für die Säugethiere, bekräftigt und in vielen Beziehungen erweitert. [1])

Dass nach Ausziehen des Accessorius stets eine, wenn auch nur kurz dauernde, Reizung des obern Theiles des Markes, vorhanden ist, dafür spricht der Reizungsdiabetes, welcher sich bei Ziegen, Hunden und Katzen und meistens (oder immer?) auch bei Kaninchen nach vollständiger oder nahezu vollständiger Extraction der genannten Nerven einstellt, und der bis zum 2ten Tag anhalten kann. Ich habe auf diese Art des Diabetes schon vor 6 Jahren aufmerkam gemacht und es ist hier der Ort nicht zu beweisen (wenn es wirklich eines solchen Beweises noch heute bedürfte) dass er nicht von der directen Verletzung des Accessorius und nicht von den Veränderungen der Respiration, sondern von den Centren selbst ausgeht. [2])

Die Vermehrung des Herzschlags, die von dieser Reizung herrührt, ist bei Kaninchen oft von verschwindend kurzer Dauer, so dass sie kaum in die Beobachtung fällt, sie kann aber auch bei diesen Thieren länger, mehrere Stunden, ja einen Tag anhalten. Bei Hunden und Katzen dauert die Vermehrung oft länger, bis zum zweiten Tag, [3]) ja bei Hunden bis zum dritten. Es versteht sich, dass man

---

[1]) Es ist hierbei natürlich nicht zu übersehen, dass nach Moleschott durch Reizung des Halsmarks unter Umständen auch eine Verminderung der Pulsfrequenz zu erlangen ist, was von Ludwig und Thiry, entgegen den Angaben Bezold's, in einer sehr interessanten Versuchsreihe bestätigt wird.

[2]) Wie der Diabetes muss auch die Salivation betrachtet werden, welche besonders auffallend bei Katzen nach Extraction der Accessorii entsteht.

[3]) Bei Katzen habe ich Fälle beobachtet, in denen die Reizungsvermehrung schon nach 1 Stunde vorüber war, so dass der Diabetes sie überdauerte.

das Aufhören dieser Reizung abwarten muss, um Aufschluss über den Einfluss der Accessoriuslähmung auf die Pulsfrequenz zu erlangen.

Ist es auch erwiesen, dass nach der genannten Operation oft eine Reizung der Centren besteht, welche Diabetes erzeugt, so ist damit freilich noch nicht der Beweis geliefert, dass diese Reizung sich auch auf die allerdings in hohem Grade erregbaren, benachbarten Fasern, die auf das Herz wirken, fortpflanzen müsse. Allerdings wird der Reizungsdiabetes, wie ich dies früher schon gezeigt habe, bloss von Stellen des Marks aus hervorgerufen, die auf das Gefässsystem im Allgemeinen wirken, aber hierin liegt für sich noch kein Grund, auch eine Reizung der das Herz beeinflussenden Punkte anzunehmen. Freilich ist es nicht wahrscheinlich, dass eine Reizung wie die durch Ausziehen des Accessorius ihre Wirkung nur auf einen sehr kleinen Punkt erstrecke, um so weniger, als die genannte Operation, nach Heidenhain, bei nicht ätherisirten Thieren sehr schmerzhaft ist. Man sieht, dass nach dem Vorhergehenden immer noch die Möglichkeit offen bliebe, die schwache vorübergehende Pulsvermehrung nicht als ein Produkt der Reizung, sondern als von derselben unabhängig und als ein Produkt der Lähmung des Nerven aufzufassen, welches durch irgend eine Einrichtung nach kurzer Zeit wieder verschwände. Diese an und für sich sehr gezwungene und unwahrscheinliche Annahme hätte nur da einen schwankenden Halt, wo man zuversichtlich voraussetzt, der Wegfall des sogenannten „Tonus der Hemmungsfasern" müsste sich nothwendig durch irgend eine, wenn auch ganz vorübergehende, Erscheinung verrathen. Es ist aber im vorstehenden Aufsatz gezeigt worden, dass selbst die eifrigen Vertheidiger der Hemmungsnerven zukünftig auf einen „Tonus" derselben verzichten müssen. Die folgenden Beobachtungen scheinen nun direct darzuthun, dass die hier besprochene vorübergehende Vermehrung des Herzschlags von der Reizung des Markes herrührt, und von den im Accessorius enthaltenen Herznerven direct nicht abhängig ist. Es ist mir, wie Bernard, bei erwachsenen oder nahezu erwachsenen Thieren öfters vorgekommen, dass ich statt des ganzen Accessorius nur den äusseren Ast desselben, mit der ganzen im Spinalkanal enthaltenen, nach hinten gekehrten langen Wurzel und den kleinen Radicellen ausriss,

während der innere Ast durch zu straffes Zellgewebe mit dem Vagus verbunden, nebst den ihm entsprechenden obern Wurzeln erhalten blieb. In der Mehrzahl dieser Fälle war nur Respiration und Stimme erhalten, es kam aber auch vor, dass die Herznerven noch unbeschädigt blieben. Selbst wenn diese auf beiden Seiten nicht mit ausgerissen waren trat dennoch der Effect der Reizung des obern Halsmarks, die besprochene vorübergehende Pulsvermehrung in kürzerer oder längerer Dauer auf. Die Erhaltung der Herznerven in diesen Fällen wurde, abgesehen von in einer spätern Arbeit mitzutheilenden Beobachtungen, erwiesen, durch die anatomisch mikroskopische Untersuchung, welche nur im Allgemeinen zeigte, dass der innere Ast des Accessorius noch existirte, und durch Wurzeln mit dem Mark zusammenhing, ferner durch die Reizung (galvanische) der Vagi unmittelbar nach dem Tode des Thieres, welche das noch schlagende Herz mehr oder weniger vollständig beruhigte. Da es aber nicht möglich war, immer beim Tode des Thieres gegenwärtig zu sein, da ferner der Erfolg dieses Versuches den Einwand nicht ausschloss, die Herznerven könnten zwar durch die Zerrung sogleich nach der Operation unthätig gewesen sein, aber sich später wieder erholt haben, habe ich in den letzten Jahren, da wo die Operation nicht ganz unverdächtig ausfiel, die sogenannte Erstickungsprobe eingeführt. Man drückt dem Thiere gleich nach der Operation oder später die Luftröhre am Halse so lange zusammen bis es cyanotisch wird und auscultirt dabei das Herz. Wenn dieses noch vor oder am Anfang der sehr heftigen Athemnoth seine Schläge bedeutend verlangsamt, so ist der Herztheil des Accessorius noch wirksam, schlägt es aber ruhig fort oder beschleunigt es schon seine Schläge, so ist der Herztheil paralysirt. Diese Probe lehrte, dass wirklich bei Ausziehung des äussern Astes des Accessorius eine Zerrung vorkommen kann, der den Herztheil vorübergehend lähmt, dass aber wie erwähnt, die irritative Pulsvermehrung auch für einige Zeit bei Hunden, Katzen und vielen Kaninchen da nicht fehlt, wo der Herztheil seine Thätigkeit noch energisch verräth. Man muss also, in den meisten Fällen, besonders bei den genannten Fleischfressern, erst später untersuchen um zu erkennen,

dass die Lähmung und Degeneration der Herznerven des Accessorius den Puls nicht beschleunigt.

Aber wenn man die ihrer sogenannten Hemmungsthätigkeit beraubten Vagi durchschneidet, so erlangt, hatte ich behauptet, jetzt der Puls die vermehrte Frequenz, wie sie auch sonst nach Vagusdurchschneidung häufig beobachtet wurde. Auch dieses wird von Heidenhain in Abrede gestellt, und, wie wir gesehen, nach Versuchen an meist halbwüchsigen Kaninchen. Nur wenige Male hat er das von mir angekündigte Resultat ausnahmsweise erlangt. In meiner Widerlegung Pflüger's pg. 5, wo ich diesen Versuch zuerst besprach, habe ich ausdrücklich empfohlen zur Ausführung desselben Ziegen oder Katzen zu wählen. Warum hätte ich die so viel leichter zu beschaffenden Kaninchen, bei denen ausserdem die Vorbereitung am Accessorius so viel sicherer gelingt, ausgeschlossen, wenn ich nicht in Betreff derselben noch eine besondere Clausel gehabt hätte. Diese besteht aber nicht darin, dass Kaninchen von der gegebenen Regel überhaupt eine Ausnahme bildeten, auch bei Kaninchen tritt die Frequenz ein, wie sie nach der Vagusdurchschneidung allgemein wahrgenommen wurde, vorausgesetzt, dass man nicht, wie dies hier sehr leicht geschehen kann, durch die Operation Bedingungen einführt, von denen man, ebenfalls allgemein, wahrnimmt dass sie, selbst unabhängig von der Lähmung der Herzäste des Accessorius, die Frequenzvermehrung nach Durchschneidung der Vagi verhindern.

Welches diese Bedingungen sind wusste ich freilich damals noch nicht, als ich die Kaninchen bei Anstellung dieses Versuches ausschloss. Ich hatte nur gesehen, dass zwei Kaninchen, denen ich die Schilddrüse exstirpirt und bei denen unter der wieder vereinigten Haut des Halses ein starker Abscess entstanden war, welcher den Kehlkopf am Uebergang in die Luftröhre comprimirte, Durchschneidung der Vagi keine Pulsvermehrung erzeugte, dass ferner bei einigen andern Kaninchen, die ich nach Durchschneidung der *recurrentes* im Laboratorium lebend erhielt, nachträgliche Durchschneidung der Vagi zu keiner Pulsvermehrung führte. Diese und noch einige andere Beobachtungen liessen mich schon früher voraussetzen, dass Kaninchen nach Halswunden häufig nicht mehr geeignet seien, die Pulsvermehrung nach Vagus-

durchschneidung (an deren allgemeines Vorkommen ich damals noch glaubte) zu liefern, und während ich nach dem Organ am Halse suchte, auf dessen Verletzung es eigentlich hierbei ankomme, schloss ich Kaninchen vorläufig von einem Versuche aus, bei dem nach einer vorhergegangenen tiefen Halswunde noch Pulsvermehrung nach Vagusdurchschneidung erwartet wurde. Indessen hatte ich in einzelnen Fällen bei alten Kaninchen, wo die Ausziehung der Accessorii ohne alle sichtbaren Beschwerden ertragen wurde, wie jetzt auch hie und da Heidenhain (und Daszkiewicz?), die darauf folgende Trennung der Vagi ebenfalls Pulsvermehrung erzeugen sehen, so dass jeder Grund fehlte, für Kaninchen in dieser Beziehung eine principielle Ausnahme zu statuiren.

Jetzt scheint es, kennen wir die Bedingungen etwas besser, unter welchen die Pulsvermehrung nach Vagusdurchschneidung herbeigeführt wird und dürfen daher noch mit grösserem Rechte die Behauptung wiederholen, dass dieselben Bedingungen auch für Kaninchen gelten, denen die Beinerven ausgerissen sind. Wir haben mit aller Wahrscheinlichkeit, welche in einer solchen Frage vorläufig zu erreichen war, gesehen, dass bei Säugethieren überhaupt und insbesondere bei Kaninchen jede Abstumpfung gegen die Wirkung der vermehrten Venosität des Blutes die Vermehrung der Pulsfrequenz nach Durchschneidung der Vagi beeinträchtigt oder verhindert. Heidenhain's Versuche sind an mittelgrossen Kaninchen angestellt, und bei diesen haben wir nach Zerstörung der Beinerven eine Beeinträchtigung der Inspiration, welche mindestens derjenigen gleichkommt welche nach Durchschneidung der unteren Kehlkopfäste der Beinerven allein, der *recurrentes* entsteht. Diese Beeinträchtigung der Inspiration wird um so beträchtlicher sein, je mehr die kleinen Kaninchen durch Zusammenleben mit andern Thieren oder mit Menschen zu Affecten veranlasst werden, welche die Respiration beschleunigen.

Heidenhain schreibt der Zerstörung der Herznerven des Accessorius einen specifischen Einfluss zu, durch welchen die Pulsvermehrung nach der darauf folgenden Trennung der Vagi verhindert würde. Man begreift dass dieser specifische Einfluss wiederlegt ist, sobald es gelingt zwei Dinge festzustellen: 1) dass die Extraction der

Accessorii diesen Einfluss nicht besitzt, in allen Fällen, wo sie keine oder nur äusserst geringe Störungen der Athmung veranlassen kann. Dies ist bereits durch unsere bekannten Ergebnisse dargethan. 2) dass bei solchen Thieren, bei welchen der Anschein eines solchen specifischen Einflusses vorhanden ist, derselbe Effect schon erlangt werden kann, wenn man die *recurrentes* allein durchschneidet und die zum Herzen gehenden Aeste des Accessorius unbeschädigt lässt. Ich finde unter meinen Notizen 7 Versuche an jüngeren Kaninchen, in denen nach Durchschneidung der *recurrentes* und zwar $^1/_2$ bis 4 Tage nach der Operation die Vagi getrennt und die Pulszahl bestimmt werde. 5 Male bedingte die Durchschneidung der Vagi keine Pulsvermehrung (die erste Zählung war nicht unmittelbar aber doch 1 bis 3 Minuten nach Trennung der Vagi gemacht.) In zwei Fällen existirte in der ersten Zeit eine schwache Vermehrung, die aber immer mehr und mehr abnahm so dass etwa nach $^1/_4$ Stunde der Puls wieder seine normale Frequenz hatte und behielt.

Ich setze als Beispiel einen der letzten 2 Versuche hierher.

Ziemlich grosses, junges Kaninchen. Puls vor der Operation 21 22. Durchschneidung der beiden *recurrentes*.

Nach 2 Tagen hatte es in 5 Secunden 21—21—21—21—20—21 20—20—21—21 Pulse.

Nun werden ihm die beiden Vagi durchschnitten. Es sitzt bei der Operation (ohne Aether) auf dem Tisch, nur mit der Hand festgehalten. Vor der letzten Operation hatte es dauernd (auf dem Tisch sitzend) 15 Athemzüge in 15 Secunden.

Ganz unmittelbar nach Durchschneidung der Vagi 25—24—24—23—23—23—23—22—22—21—22 Pulse in 5 Secunden.

4 Minuten nach der Vagustrennung: 22—22—22 und 13—12—12 Athmungen.

6 Minuten nach der Operation: 22—22—22—23—22 Pulse.

7	„	„	„	„	22—22—21—22—23—22—21.
9	„	„	„	„	22—22—21—20—21—22—22.
12	„	„	„	„	20—21—20—20—20—21—20.
15	„	„	„	„	21—21—21—22—21—21—21.

20 Minuten nach der Operation: 20—21—21—20—21—21 und 9 Respirationen in 15 Secunden.

Der Herzschlag hatte noch nach 30 Minuten dieselbe Frequenz.

Ich begreife wohl, dass 7 Versuche in Betracht der häufigen Ausnahmen, in denen auch sonst unverletzte jüngere Kaninchen keine Pulsvermehrung nach Vagusdurchschneidung zeigen, nicht viel für das *post hoc ergo propter hoc* beweisen, aber sie geben doch immer einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung der Heidenhain'schen Erfolge. Man müsste, um solche Versuche consequent durchzuführen, Meerschweinchen wählen, bei denen die Athmungsstörung, bis sie nahezu ausgewachsen sind, sehr bedeutend und bei verschiedenen Individuen in ziemlich gleichmässiger Weise auftritt, und in je drei Vergleichsversuchen dem einen die Accessorii zerstören, dem andern die *recurrentes* mit Tracheotomie und dem dritten die *recurrentes* ohne dieselbe. Der verändernde Einfluss der Tracheotomie auf das Athmen nach der Vagusdurchschneidung wäre hier natürlich in Betracht zu ziehen.

Heidenhain hat aber auch den Mangel der Pulsvermehrung in einer Reihe von Versuchen constatirt, in welchen er schon etwa 20 Minuten nach Ausziehen der Accessorii die Vagi durchschnitten hatte. Aehnliche Versuche, durch welche gezeigt würde was allerdings denkbar ist, dass die nach Lähmung des Kehlkopfs eintretende Athmungsveränderung — verbunden mit der anhaltenden Rückenlage des Thieres — schon in so kurzer Zeit die von uns geforderte Abstumpfung erzeugen könnten, haben wir noch nicht angestellt. Wir wagen daher kein Urtheil über diesen Theil der Heidenhain'schen Versuche, in welches ein neues Element eingeführt wurde, welches wir in allen unsern Versuchen zu vermeiden bestrebt waren, nämlich die Fortdauer der centralen Irritation durch Ausziehung der Accessorii im Moment der Vagusdurchschneidung. Wir haben den Vagus immer erst einige Tage später durchschnitten, wenn die Reizung der Centra und ihre Spuren schon aufgehört hatten. Es ist möglich, dass die noch fortbestehende Irritation des Cervicalmarkes auf den Ausgang des Versuches nur von untergeordnetem Einfluss ist — dies wäre noch zu untersuchen — aber sicher ist es, dass diese Versuche ganz anders gedeutet werden müssen, als es Heidenhain vorschlägt. Für den-

jenigen, welcher unserer bisherigen Exposition gefolgt ist, bleiben in dieser Beziehung nur zwei Annahmen offen. Entweder die operirten Kaninchen waren alle solche, in welchen auch die in gewöhnlicher Weise vorgenommene Trennung der beiden gemischten Vagus — Accessoriusstämme am Halse keine Pulsvermehrung erzeugt hätte. In diesem Falle wird auch das Resultat von Heidenhain nicht mehr auffallen. Oder, und dies wird man lieber annehmen, die Trennung jener gemischten Nerven hätte Pulsvermehrung erzeugt, dann aber muss, wie in unsern Erschöpfungsversuchen, in der Behandlung des Thieres vor der Vagusdurchschneidung irgend ein Umstand gewesen sein, welcher den regelrechten Einfluss der Vaguslähmung aufzuheben vermochte, denn die Pulsvermehrung, die hier der Annahme nach eingetreten sein würde nach Trennung des gemischten Vagusstammes wäre die Folge, entweder von der Trennung der Accessoriuselemente, oder der Vaguselemente oder der Trennung beider zusammen. Nun bewirkt aber, wie wir gezeigt haben, die Trennung des Accessorius nicht die verlangte Pulsvermehrung, und die von Heidenhain scheinbar gefundene Frequenzzunahme ist eine ganz andere, als die, welche gewöhnlich nach der Vagusdurchschneidung wirklich beobachtet wird. Es muss also in diesen Fällen die Frequenzzunahme kommen, nach nachträglicher Durchschneidung des Vagus; da sie aber auch hier ausbleibt, so muss seit dem Anfang des Versuches durch die Behandlung des Thieres der (indirecte) Einfluss des Vagus auf den Herzschlag in irgend einer Weise modificirt worden sein. Es muss in dem Versuche etwas mehr liegen als eine bloss zeitliche Sonderung der Lähmung von Vagus und Accessorius.

Uebrigens ist es nicht ausnahmslose Regel, dass in jüngern Kaninchen der Puls abnimmt, wenn die Vagi sehr bald nach Zerstörung des zweiten Accessorius durchschnitten werden. Da die Fälle in denen Heidenhain Vermehrung sah und eben so die von Daszkiewicz sich auf solche Thiere beziehen, bei denen die Vagusdurchschneidung erst nach Degeneration der durchschnittenen Accessorii gemacht wurde, so stehe hier ein anderer, auch wohl in sonstiger Beziehung interessanter Versuch, an einem jungen Kaninchen angestellt,

in welchem die doppelte Vagusdurchschneidung noch vor Degeneration des zweiten Accessorius den Puls vermehrte.[1])

Den 6. October 1861 wird ein kleines, gelbes Kaninchen auscultirt unmittelbar nachdem es auf den Tisch gesetzt worden. 11 Uhr Vormittags.

Es zeigt in 6 verschiedenen Zählungen 65—64 und häufiger 60 Pulse in 15 Secunden.

Der linke Accessorius wird ausgezogen.

Den 8. October wird es wieder auf den Tisch gesetzt und nach einer halben Stunde auscultirt.

64. 64. 60. 60. 64. in 15 Secunden

und etwas später

60. 65. 60. 60. 63.

Den 9. Oktober 55 bis 58 Pulse in 15 Secunden.

Den 10. Oktober 57 bis 60 Pulse in 15 Secunden.

Es wird ihm jetzt der rechte Vagus (ohne dass es gebunden wird) durchschnitten und nach kurzer Zeit ist der Herzschlag unverändert

58—60

Nach einer halben Stunde ebenso.

Der linke Vagus bloss gelegt und ohne Durchschneidung auf einer Glasstange hervorgehoben und mit Inductionsströmen galvanisirt.

Der Herzschlag scheint, so weit das Ohr ohne Zählung den Rhythmus beurtheilen kann, hierdurch gar nicht verändert zu werden.

Der linke Vagus sogleich darauf durchschnitten.

Nach 2 Minuten Herzschlag 72—72 in 15 Secunden, dann nach kurzer Zeit 74—68. 66. 66.

---

[1]) Es kommen nach unsern Beobachtungen nach Entartung der Accessorii in dieser Beziehung noch zwei andere Eventualitäten vor. Es giebt Kaninchen bei denen sich dann nach Trennung der Vagi der Puls mehrt, sowie man aber bald darauf die Tracheotomie macht, tritt der Puls wieder auf die frühere Frequenz zurück. Oder der Puls verändert sich gar nicht unmittelbar nach der Vagustrennung und dabei hat die Frequenz der Respiration sehr wenig abgenommen. Nach etwa 1 bis 2 Stunden ist die Athmung seltener und der Puls häufiger geworden.

Nach 1 Stunde 62. 62. und 7 Respirationen in 15 Secunden.

Nach 5 Stunden Herzschlag 62—63 und Respiration 7 in 15 Secunden.

Jetzt beide Sympathici am Halse durchschnitten, der Herzschlag steigt sogleich auf 68 in 15 Secunden, erhält sich so einige Minuten, ist nach 10 Minuten wieder 64 und nach $^1/_4$ Stunde 62. Den andern Morgen ist es todt.

Es ist wahrscheinlich, dass ganz junge Katzen, die nach Ausziehung der Accessorii in starke Athemnoth gerathen, ebenfalls wie Kaninchen bei der später vorgenommenen Vagusdurchschneidung keine Vermehrung des Pulses zeigen werden. Dieser Fall ist mir nur deshalb noch nicht vorgekommen, weil alle junge Katzen die nach der erstgenannten Operation dauernde Dyspnoe zeigten, am 4ten Tage an dem ich die Vagi durchschneiden wollte, entweder schon todt oder so krank waren, dass die Durchschneidung der Vagi kein ungetrübtes Resultat mehr geben konnte.

Ich habe schon früher gelegentlich mitgetheilt, dass ich mittelgrosse Katzen nach Ausziehen der Accessorii gerade so an Erstickung zu Grunde gehen sah, wie das nach Durchschneidung der *recurrentes* manchmal der Fall ist. Ich kann nach späteren Erfahrungen mit Bestimmtheit hinzufügen, dass auch neugeborene Hunde und Katzen wenn die Ausziehung der Accessorii wirklich vollkommen gelingt, plötzlich an Asphyxie sterben. Bernard, welcher das Gegentheil behauptet, hat vermuthlich einige der zarten obersten Würzelchen verschont, wie dies leicht in weniger glücklichen Versuchen vorkommt. Es fällt hierdurch wieder eine, und wie mir scheint die letzte Stütze der Theorie, nach welcher der Accessorius ausschliesslich Stimmnerv ist.

Können wir auch nicht zugeben, dass nach Lähmung der Accessorii die Vagusdurchschneidung in der Regel keine Vermehrung des Herzschlags bewirke, so sehen wir auf der andern Seite auch in den Versuchen Heidenhains den im vorhergehenden Aufsatz von uns ausgesprochenen Satz bewährt, dass wo die Vermehrung fehlt, oft eine Verminderung eintrete. Abnahme der Pulsfrequenz war daher in den Heidenhain'schen Versuchen die häufigste Folge der Vagustrennung.

Heidenhain's Ansicht, dass diese Veränderung von einer Schwächung der Athmung herrühre, lässt sich ganz gut mit der unsrigen vereinigen. Die Verhinderung des respiratorischen Gaswechsels reizt das Herz und schwächt es endlich durch den Mangel an arteriellem Blut. Es streitet nicht gegen die Analogie mit andern Thatsachen, anzunehmen, dass da wo der Reiz durch Abstumpfung wirkungslos geworden, die Schwächung durch beschränkten interstitiellen Stoffwechsel hier um so ungehinderter hervortreten könne.

In die Schlüsse, welche Heidenhain aus seinen Ergebnissen zieht und in seiner Polemik gegen die sogenannte „Erschöpfungstheorie" haben sich einige Missverständnisse eingeschlichen, deren Erörterung hier zu weit führen würde. Wenn nicht andere Gründe auf die Beibehaltung der (nach Heidenhain allgemein als unhaltbar erkannten) Unterscheidung der idio- und neuromusculären Contraction des Muskels hindrängten, so könnte man diesen ganzen Unterschied fallen lassen und unsere Lehre von der Innervation des Herzens würde dabei nicht im geringsten verlieren.

Wenn mich übrigens meine Hoffnung nicht täuscht, so ist diese Arbeit Heidenhain's der erste Schritt zu einer Versöhnung der sich bisher so schroff gegenüberstehenden beiden Theorien über die Function des Herzvagus, und ich hoffe, Heidenhain wird seine begonnenen Studien zu Ende führen und seine Versuche noch unter andern Bedingungen wiederholen. Sind wir dann erst einmal zu völliger Uebereinstimmung über die Thatsachen gelangt, dann wollen wir das Urtheil über die Theorien vertrauensvoll der Zukunft überlassen.

Was Heidenhain über die sonstigen Folgen der Ausrottung der N. Accessorii, über ihr Verhältniss zum Kehlkopf und über die Todesursache nach der Operation sagt, ist wesentlich in Uebereinstimmung mit den bereits in meinem Lehrbuch der Physiologie mitgetheilten Beobachtungen. Aus der Pneumonie die nach Ausreissung des Accessorius bei Kaninchen so häufig durch Eindringen fremder Körper in die Luftröhre entsteht, glaubt Heidenhain schliessen zu dürfen, dass Traube's Ansicht vollkommen begründet sei, dass auch nach Durchschneidung der Vagi die „auftretende Lungenentzündung" auf ähnliche Weise entstehe.

Hiergegen ist streng genommen und dem Wortlaut nach allerdings nichts einzuwenden, aber es ist ein Missverständniss, wenn Heidenhain glaubt, hier den streitigen Punkt zwischen Traube und seinen Gegnern berührt zu haben. Die Lungenentzündung entsteht bei Kaninchen nach Vagusdurchschneidung allerdings auf dem hier angegebenen [1]) Wege, aber diese Entzündung besteht hier nur neben einer andern, für die Vaguslähmung charakteristischen von der Lähmung der Gefässnerven herrührenden Veränderung des Lungenparenchyms, eine Veränderung, die bei Hunden nach Vaguslähmung allein vorhanden ist und die bei Kaninchen nach Accessoriuslähmung fehlt, einer Veränderung, die mit der Entzündung nichts zu thun hat und die von Traube verkannt worden ist, wie ich dies schon längst in meiner Arbeit über die neuroparalytische Lungenveränderung nachgewiesen habe und wie seitdem mehrfach von Andern bestätigt worden ist.

Schliesslich benutze ich diese Gelegenheit um auf einen andern Widerspruch aufmerksam zu machen, der zwischen der besprochenen Arbeit von Heidenhain und meinen eigenen Arbeiten besteht. Heidenhain giebt an, dass die Reizung der Vagi selbst dann noch energische Magenbewegung bewirke, wenn die in ihm enthaltenen Accessoriusfasern schon entartet seien, und selbst wenn die vollständige Ausreissung des Accessorius schon 8 und 10 Tage vorhergegangen sei. Hingegen findet sich in meiner Physiologie pg. 421 die Angabe, dass die Nervenfasern des Vagus, deren Erregung Magen und Darm bewegt, vom Accessorius herstammen. Dieser Ausspruch ist irrig und Heidenhain's Opposition gegen denselben völlig berechtigt. Uebrigens hat auch schon im vorigen Jahre Oehl meinen Irrthum in dieser Beziehung und die Ursache desselben nachgewiesen. Ich gründete meinen Ausspruch auf die Reizung des Vagusstammes an tief aetherisirten Thieren, denen vor 5 oder mehr Tagen der Accessorius ausgezogen worden war. Bei diesen blieb allerdings der Magen und der Darm in völligster Ruhe, während sich der Oesophagus noch kräftig zusammenzog. Oehl hat aber gefunden, dass auch ohne Verletzung

[1]) Uebrigens bereits von Mayer erkannten.

des Accessorius, der Halsstamm des Vagus nicht mehr den Magen und Darm bewegt, wenn man die Reizung an sehr tief ätherisirten Thieren vornimmt. In der That findet sich, dass wenn man bei Katzen, die nicht zu tief ätherisirt sind, den Vagus nach Degeneration des Accessorius reizt, sich sowohl Magen als Darm noch bewegen. Zu demselben Resultate gelangt man, wenn man die Reizung beim wachenden Thiere vornimmt, nachdem man ihm vorher, um die Schmerzen der Blosslegung der Baucheingeweide zu vermeiden, während des Aetherrausches das Dorsalmark durchschnitten hat. Doch werde ich später in einer andern Arbeit zeigen, dass die Bewegungen des Magens, welche man bei diesem Versuche erhält, so energisch sie auch manchmal auftreten mögen, dennoch in ihrer Ausdehnung beschränkter sind, als diejenigen, welche unter sonst gleichen Bedingungen bei unverletztem Accessorius entstehen. Bei Kaninchen kommen übrigens Fälle vor, in welchen die nach Entartung des Accessorius bei Vagusreizung (am Halse) auftretenden Bewegungen bloss in sehr schwachen Spuren angedeutet sind, doch will ich zu bemerken nicht unterlassen, dass ich diese Fälle bis jetzt bloss an mit Curare stark vergifteten Kaninchen beobachtet habe, bei denen übrigens auf Vagusreizung sich die Speiseröhre noch sehr kräftig zusammenzog.

XXXVIII.

Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes.

Von

Mich. Szabadföldi

in Pesth.

Die neueren Autoren verstehen unter Tastgefühl jene Empfindungsqualität, welche auf dem Hautsysteme des Körpers, sowie auf dessen Schleimhautanfängen durch gewisse Nervenenden vermittelt wird.

Diese Nervenenden sind mit Apparaten verbunden, die wir unter dem Namen der Pacini'schen und Meissner'schen Körperchen sowie der Krause'schen Endkolben kennen. Von den beiden letzten ist es unzweifelhaft erwiesen, dass sie specifische Tastkörperchen sind, während dies vom ersteren nicht so leicht bewiesen werden konnte, denn an vielen Stellen wo Pacini'sche Körperchen vorkommen, ist kaum eine Spur des Tastgefühles nachzuweisen, obwohl es auch nicht zu läugnen ist, dass sie bei vielen Säugethieren sogar feine Empfindungen zu vermitteln vermögen und sie bei Vögeln fast die einzigen Nervenendapparate der Haut sind; auch hat Krause in einer gediegenen Arbeit ihre Beziehung zum Tastsinne zu beweisen gesucht, doch scheint es erwiesen, dass dies nicht ihre alleinige Function sein kann.

An vielen Stellen der Körperoberfläche sind Nervenenden physiologisch ausser Frage gestellt, während sie histologisch noch nicht nachgewiesen sind, — es scheint aber als seien diese Enden mit keinen Apparaten in Verbindung.

Die bis jetzt bekannten Tastapparate haben im Grossen und Ganzen genommen eine gleiche Struktur, dies gilt besonders von den Pacini'schen und Krause'schen Körperchen; es ist nämlich bei den ersteren eine mehrschichtige, bei letzteren eine wahrscheinlich einfache mit Flüssigkeit gefüllte Blase, welche die Nervenendigung umgiebt und gleichsam ein Analogon des Gehörorganes einiger Krebse bildet. Bei den Meissner'schen Körperchen habe ich mich überzeugt, dass die Spiralstreifen rings herum nichts anderes als Bindegewebe sein können, der Nerve aber sich in die Mitte des Körperchens fortsetzt. Die bindegewebige Natur der Streifen ist durch *Acid. acet.* und Cl H unschwer zu beweisen, während das polarisirte Licht in einzelnen Fällen deutlich zeigt, dass das Neurilem in die Hülle des Körperchens übergeht. Ob dieselben mit Flüssigkeit gefüllt sind, konnte ich nicht ganz sicher entscheiden, doch scheint hiefür ihr starkes Schrumpfen beim Eintrocknen zu sprechen.

Krause's Endkolben konnte ich auch — wie ich dies in einer späteren Arbeit darlegen werde — in den fadenförmigen und in einigen Gruppen der schwammförmigen Zungenwärzchen einiger Thiere nachweisen.

Dies sind die Organe, welche dem Druck und Temperatursinne dienen, zumal beide wie es als ausgemacht betrachtet werden kann durch dieselbe Nervenfaser vermittelt werden (Fick-Wunderli). Druck erzeugt oft Temperaturgefühle; Weber nahm ferner wahr, dass kalte Gegenstände schwerer erscheinen, als warme von gleichem Gewichte.

Durch Versuche, die ich im Sommer 1863 angestellt, kam ich zur Ueberzeugung, dass diese Weber'sche Behauptung nur bis zu einem gewissen Grade richtig ist, indem die Breite des Gegenstandes, sein absolutes Gewicht einen unverkennbaren Einfluss ausübt, worauf wir auch sogleich zurückkehren werden; auch bemerkte ich dass nicht nur niedere, sondern auch absolut hohe Temperaturgrade eine Täu-

schung des Urtheils bedingen. Erwärmt man nämlich aus Hartholz verfertigte 2—5 Mm. dicke Scheiben von verschiedenen Krümmungshalbmessern auf 50 und mehr Grade Cels., so wird die heissere kleine Scheibe noch schwerer scheinen, als eine um etwas grössere, aber nicht erwärmte. Es unterliegt aber diese Erscheinung zahlreichen Variationen; ist die heisse Scheibe sehr breit, oder sehr schmal, fällt die Urtheilstäuschung verschieden bedeutend aus, auch ist die Dicke der Scheiben von grossem Einflusse. So wird z. B. eine 3 Mm. dicke, sehr stark erhitzte Scheibe nie schwerer scheinen als eine 3,4 Mm. dicke von mittlerer Temperatur, — wohl aber dann wenn ihr Krümmungshalbmesser auch nur um etwas grösser ist; — dasselbe gilt auch von niederen Temperaturgraden. Diese Versuche gelingen am besten an der Stirn- und Wangenhaut, weniger geeignet sind Arme und Schenkel.

Entsprechend der verschiedenen Temperatur der Objecte wechselt auch die Deutlichkeit des Ortssinnes. Verbinden wir z. B. einem unbefangenen Menschen die Augen und stechen seine Haut nicht zu stark mit einer Karlsbader Insektennadel, wird er auf den Fingerspitzen schwer, auf dem Arme und den Schenkeln kaum, am Rücken nie die Stelle des Einstiches genau bezeichnen können, und dies um so weniger, je näher die Temperatur der Nadel der Hauttemperatur war; — genau wurde die Stelle von meinen Freunden bezeichnet, wenn die Nadel erhitzt war; zum Erhitzen ist aber eine Stahlnadel bedeutend besser als eine Karlsbader.

Nach diesen Voruntersuchungen gehen wir zur Besprechung der Frage über, ob denn die Haut wirklich nach Weber's Annahme in Empfindungskreise getheilt sei. — Wenn Kölliker auch zuweit gegangen, behauptend, dass alsdann die ganze Hautoberfläche von einer einzigen Primitivfaser versorgt sein müsste, so ist es doch unleugbar, dass Weber's Annahme bei genauerer Prüfung sich als nicht stichhaltig erweist.

Wir wissen nämlich, dass es unmöglich ist einen Gegenstand zu fühlen, der nicht eine gewisse Zahl von Nervenenden erregt; berührt ein kleiner Funke unsere Hand, ja sogar wenn sich eine Eintagsfliege darauf niederlässt, fühlen wir nichts, obwohl es als gewiss zu be-

trachten ist, dass diese Dinge wenigstens auf ein Nervenende reizend eingewirkt haben; dasselbe gilt auch von einem sehr feinen, wenn auch starken Wasserstrahle (wenn er nicht zu kalt ist) u. s. w. Es scheint daher als Axiom angenommen werden zu können, dass ein Gegenstand nur dann gefühlt wird, wenn er eine gewisse Anzahl von Nervenfasern erregt, doch können wir eben diese erforderliche Zahl in den meisten Fällen auch nicht annähernd bestimmen, indem uns die relative Zahl der Nervenenden an den verschiedenen Hautoberflächen des Körpers so gut wie unbekannt ist. — Ich versuchte zu bestimmen, wie viel Nervenenden eine Zirkelspitze auf dem Zungenrücken afficirt und fand, dass ihre Anzahl vier kaum übersteigt, da nicht jede fadenförmige Papille Nerven enthält, obwohl doch die Zahl der nervenhaltigen jene der nervenlosen übersteigt. Wir nehmen daher an, dass der Eindruck einer Zirkelspitze auf der Zunge im Mittel von 2—3 Nervenenden empfunden wird, die beiden erfordern also 4—6 Enden, im Mittel 5; sind die Spitzen einander nah, nimmt das Sensorium den Eindruck von 5 erregten Fasern auf, nicht aber den von Fasergruppen bestehend aus 2 und 3 Enden, deshalb fühlen wir auch einen dicken stumpfen Körper, nicht aber zwei scharfe Spitzen und werden sie auch nur dann als zwei gesonderte Eindrücke auffassen, wenn zwischen den beiden ein Raum befindlich ist, der um ein Bedeutendes mehr Nervenenden enthält, als eine Spitze erregt hatte, und nur auf diese Weise ist es zu erklären, weshalb das Urtheil bei den Tastempfindungen eine solch immense Rolle spielt; — so fand ich, dass einer meiner Freunde am Oberarme die Zirkelspitzen bei 1,8 Mm. Entfernung gesondert wahrnahm, während er sie einige Tage vorher selbst bei 3,8 Mm. Abstand einfach fühlte.

Nimmt man die relative Menge der Fingerspitzenpapillen bei allen Menschen beiläufig gleich gross an, so lässt sich leicht berechnen, dass die Zirkelspitzen in den günstigsten Fällen nur dann als getrennt aufgefasst werden, wenn zwischen ihnen 10—15 unberührte Papillen liegen; werden die Zirkelspitzen aufgelegt, und die zwischen den beiden befindlichen Papillennerven electrisch gereizt,

oder lässt man auf selbe hohe Temperaturgrade einwirken, dann hört die gesonderte Wahrnehmung alsbald auf.

Nachdem wir die Mängel der Weber'schen Behauptung bezüglich der Empfindungskreise besprochen, wenden wir uns zu einer anderen Annahme des grossen Physiologen, die ebenfalls nicht ganz stichhaltig ist. Der genannte Forscher behauptet nämlich, es wären nur diejenigen Nerven die sich auf der Oberfläche des Körpers verbreiten, fähig Druck und Wärmeempfindungen als solche auszulösen, während die übrigen Nerven auch auf schwache Eindrücke — gleichgültig welcher Qualität — auf gleiche Weise — durch Schmerz reagiren, diese können dann auch nur Hunger, Durst etc. mit einem Worte Gemeingefühle vermitteln.

Auf den ersten Blick hat eine solche Annahme etwas ganz einleuchtendes und es fiele Niemandem ein daran zu zweifeln; sucht man sich aber durch Versuche von ihrer Richtigkeit zu überzeugen, so erscheint ihre Stichhaltigkeit als sehr gering. Es ist zwar schon *a priori* gewagt annehmen zu wollen, ein Nerve hätte keinen Uebergang vom Minimum zum Maximum der Erregung und dass er auf beide gleicherweise — durch Schmerz antworte; — steigern wir unangenehme Eindrücke, entsteht ein stechender, brennender etc. und als Maximum ein „tetanisirender" Schmerz, wovon man sich leicht durch Einstechen einer feinen Nadel in den *nerv. medianus* überzeugen kann. Im Inneren des Körpers fühlen wir bei pathologischen Zuständen dumpfen Schmerz z. B. in der Leber bei Gallensteinen, einen stechenden bei verschiedenen Anlässen; der Schmerz ist brennend im Magen, wenn durch starke Säurebildung den Nerven Wasser im Uebermasse entzogen wird. Trinken wir geistige Getränke, so haben wir nach einiger Zeit das Gefühl von Wärme im Magen, welches Gefühl bei rechtsseitiger Lage rechts, bei linksseitiger links erscheint. Der Magen und die Speiseröhre besitzen sogar ein reines Temperaturgefühl; das kalte Wasser fühlen wir in den Magen kollern, der Weg der heissen Speisen wird durch „eine Feuerspur" bezeichnet, — bekannt ist ausserdem das eigenthümliche spannende Gefühl, welches durch Verschlingen grosser trockener Bissen erzeugt wird. Dasselbe gilt von der Harnröhre; die Kranken können genau die Stelle der circum-

scripten Urethritis bezeichnen, bestimmen sogar die Ausdehnung eines Geschwüres, vermögen auch die Stelle einer Strictur zu zeigen etc.

Ich will mit den angeführten Beispielen durchaûs nicht zu behaupten suchen, dass die Nerven im Inneren des Körpers bezüglich der Tastempfindungen jenen der Körperoberfläche gleichzustellen seien, — ich gebe zu, dass bei diesen verhältnissmässig geringe Reize Schmerz verursachen; doch kann man alle diese Thatsachen ganz ungezwungen aus folgenden erklären:

Wir wissen, dass die inneren Nerven Netze bilden, in dicken Strängen verlaufen und unseres Wissens keine Endapparate besitzen, weshalb ein Reiz wenn er überhaupt auf Nerven trifft, mehr Fasern erregt, als auf der Körperoberfläche. Ferner wissen wir, dass wenn ein Nerve wiederholt gereizt wird, er auf jede folgende gleichartige Reizung in geringerem Grade reagirt; — die inneren Nerven werden also durch gewisse fremde Reize auch darum überwiegend stärker afficirt werden, da sie nicht gewohnt sind, Eindrücke von der Aussenwelt entstammend, zu vermitteln.

Auch ist es bekannt, dass die feine und deutliche Gefühlsfähigkeit auch davon abhängt, wie oft und wodurch der gereizte Nerve schon früher afficirt worden war; je öfter er verschiedene Reize aufgenommen, desto feiner ist sein Unterscheidungsvermögen (resp. das des Sensoriums), wenn er schon früher oft und stark erregt worden war, so werden solche Reize die anderswo Schmerz erregen, in ihm eine weit schwächere Reaction hervorrufen. Davon habe ich mich an einem meiner Freunde überzeugt, dessen Oberarm drei Wochen einen Kleisterverband getragen; nach dessen Herabnahme war der Arm — obwohl vollkommen gesund — höchst empfindlich und stärkerer Druck wurde als Brennen gefühlt, 2 Pfd. konnten von $2^1/_4$ Pfd. nicht unterschieden werden, die Zirkelspitzen wurden auf 8 Mm. Entfernung einfach gefühlt. — Das gegen Eindrücke nicht abgehärtete Neugeborne zuckt und weint bei jedem Drucke, bei jedem kalten Lüftchen, — sogar bei grösseren Kindern erzeugen solche Eindrücke Schmerz, die ältere nur als Tastempfindung wahrnehmen. Das Unterscheidungsvermögen ist ebenfalls geringer, so dass Temperaturunterschiede von $0,_4$—$1,_5$ ° Cels. nicht wahrgenommen werden, während ich z. B.

Temperaturunterschiede von $0_{,3}$ ° C. bemerke. Die Ursache aller dieser Erscheinungen kann natürlicherweise nur die sein, dass das Urtheil geübt ist und zwar in Folge dessen, dass das Sensorium oft und verschiedene Eindrücke aufgenommen und diese von einander zu unterscheiden gelernt hat.

Der Einfluss des Urtheils ist sehr wichtig; man lernt tasten, unterscheiden, man lernt Eindrücke dulden; und es scheint, dass jeder Nerve, der nicht motorischer Natur ist, unter Umständen fähig werden kann, Druck- und Temperatureindrücke als solche zu verwerthen. Diesen wichtigen Satz werde ich in Kürze auch für andere Sinnesnerven zu beweisen suchen.

Kinder und solche Personen, denen zum ersten Male ein kaltes Klysma zu Theil geworden, fühlen dasselbe nur an der Afteröffnung als kalt, weiter hinein fühlen sie nichts, oder wenn das Wasser zu kalt war, Schmerz; bekamen sie mehrere in kurzen Zwischenräumen, fühlen sie dasselbe selbst im rechten Epigastrium als kalt.

Bei Mastdarm-, seltener bei Gebärmutter- und Scheidenvorfall verursacht im Anfange jede Berührung Schmerz, später unterscheidet man auf diesen Theilen die Zirkelspitzen schon auf 11—14 Mm. Entfernung als zwei.

Wir übergehen nun auf den Ortssinn, der nach Weber eine Prärogative der Hauttastnerven bildet; doch gilt auch von dieser Annahme das früher erwähnte, dass wir nämlich uns nur solcher Punkte des Körpers bewusst sind, welche schon Tasteindrücke aufgenommen und deren Lage wir durch den Gesichts- und Muskelsinn ermessen haben.

So weiss z. B. ein Patient, der an *Absc. hepatis* leidet, nicht den Ort des Schmerzes genau anzugeben, da sein Sensorium über die verschiedenen Punkte der Leber kein deutliches Urtheil besitzt, und überhaupt nicht weiss ob die schmerzhafte Stelle (bei den acuten Formen) noch zur Leber gehört, oder vielleicht im Colon oder anderwärts liegt, — während derselbe von dem Vorhandensein und der Lage seiner Nase, seines Ohres, seiner Hände und Füsse u. s. f. ein sicheres Urtheil durch Uebung und Vergleichung gewonnen hat.

Dem Gesagten zufolge ist die scharfe Trennung von Tastsinn und Gemeingefühl unzulässig. Die sensiblen Nerven sind physiologisch gleichartig; die Epidermis, die Flüssigkeit, welche die Nerven der Tastkörperchen umspült, die dicken Bindegewebslagen derselben sind Factoren, die die Eindrücke schwächend, auch dort Tastempfindung vermitteln helfen, wo der entblösste Nerve Schmerz gefühlt hätte, deshalb könnte man Pacini's, Krause's und Meissner's Körperchen füglich als Hemmungsapparate bezeichnen.

Ist die Epidermis herabgezogen, die Haut sonst aber gesund, dann ruft eine Temperatur von $48{,}_5$ ° C brennenden Schmerz hervor, der immer schwächer und schwächer wird, je mehr sich die Epidermis später verdickt, obwohl die Nervenenden in beiden Fällen sich in einem physiologischen Zustande befinden. Ist die Oberhaut entfernt, dann werden auch Druck- und Temperatureinflüsse leichter verwechselt als sonst.

Die übrigen „Gemeingefühle" Hunger, Durst, Wollust etc. kann man nicht als reine Empfindungen bezeichnen.

XXXIX.

Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere.

Von

G. Valentin.

Dreizehnte Abtheilung.

§. 25.

Einige Verhältnisse des centralen Nervensystemes.

Die heftigen Blutungen erschweren die meisten Versuche, die mit Blosslegung einzelner Theile des centralen Nervensystemes verbunden sind. Tiefere Eingriffe, wie die Abtragung des Schädeldaches oder die Blosslegung eines Theiles des Rückenmarkes, stören auch oft den Winterschlaf so nachdrücklich, dass man keine reinen Beobachtungen selbst während kurzer Versuchsdauer machen kann. Man opfert daher nicht selten ein Murmelthier, ohne wesentliche Belehrung zu gewinnen. Bedenkt man überdiess, dass uns alle Mittel fehlen, um die feineren Unterschiede der Zustände des centralen Nervensystemes während des Wachens und während des Schlafes zu verfolgen, so wird man zugeben, dass man sich gerade hier auf dem trostlosesten und zugleich wichtigsten Forschungsgebiete der Erstarrungserscheinungen befindet.

Da die verhältnissmässig geringe Menge der zu Gebote stehenden Murmelthiere zur Sparsamkeit aufforderte, so suchte ich jedes einzelne Individuum so viel als möglich auszubeuten. Eine Versuchsreihe umfasste daher bisweilen die verschiedensten Punkte. Wir wollen die einzelnen und zwar der Zeit nach, wie sie angestellt worden, protocollarisch anführen und die allgemeinen aus ihnen herzuleitenden Ergebnisse am Schlusse des Ganzen zusammenstellen.

Erster Versuch.

Um einen Bezirk der harten Hirnhaut und des Gehirnes blosszulegen, liess ich mir einen Trepan anfertigen, der sich auch für Versuche an wachen Säugethieren bewährt hat. Er führte in seiner Mitte einen beliebig weit verschiebbaren spitzen Stift, den das Anziehen einer Schraube in passender Entfernung befestigte. Man konnte eine grössere oder eine kleinere Trepankrone mit Hülfe von drei Schrauben der Vorrichtung einverleiben. Die gewöhnlich gebrauchte hatte einen Durchmesser von einem Centimeter, die seltener benutzte einen solchen von sechs Millimetern. Ein einfacher querer Handgriff diente zum Anfassen.

9 U. 50 M. Der Versuch wurde an einem grossen fest schlafenden Murmelthiere Ende März angestellt. Ich konnte die Haut des Schädeldaches spalten, zwei Knochenstücke aus der rechten Hälfte des Letzteren neben der Mittellinie austrepaniren und die zwischen beiden befindlichen Knochenbrücke entfernen, ohne dass die tiefe Erstarrung des Thieres wesentlich gestört wurde. Da ich die Hirnhäute schonen wollte, so bohrte ich nicht in dem ganzen Umkreise vollständig durch, so dass das gänzlich gesonderte, von dem Stifte festgehaltene Kreisstück in der Trepankrone geblieben wäre, sondern liess noch eine dünne Lamelle an einem Orte übrig und hob dann das Knochenstück mit der Pincette heraus. Die vorzugsweise aus der Diploë stammende Blutung war dann im Ganzen gering. Ich hatte die harte Hirnhaut nackt vor mir, sah den auch blossgelegten *Sinus longitudinalis superior* und konnte die Blutgefässe, welche in dem frei liegenden Theile der harten Hirnhaut dahingingen, mit der Lupe

verfolgen. Die Länge der entfernten Knochenmasse betrug $2^1/_2$ und die grösste Breite 1 Centimeter.

Das Thier schlief ruhig fort. Die harte Hirnhaut erschien auffallend blass, beinahe weiss bis weissbläulich. Die zahlreichen mit freiem Auge oder unter der Lupe kenntlichen Blutgefässe derselben waren keineswegs übermässig angefüllt. Die Reibung mit einem trockenen oder einem nassen Schwamme machte bisweilen kleine Gefässe, die man früher nicht bemerkte, wegen ihrer dann zunehmenden Blutfülle sichtbar. Der Versuch misslang aber später in den meisten Fällen, so dass sich die Reaction der Gefässe auf mechanische Reize nach einiger Zeit träge und unsicher erwies. Man konnte keine Spur von Hirnbewegungen erkennen, während diese (nämlich die respiratorischen) in einem gleichzeitig mit demselben Trepan operirten Kaninchen auf das Lebhafteste zum Vorschein kamen. Das Murmelthier athmete auch nicht in sichtlicher Weise während mehr als 5 Minuten. Drückte man einen Fuss zusammen, so erhielt man eine Reflexantwort der Extremitäten und einen Athemzug, aber keine Spur von Hirnbewegung. Hatte das Thier einige Zeit geruht, so schien die Füllung der Blutgefässe der harten Hirnhaut in geringem Grade abgenommen zu haben.

9 U. 58 M. Das Thier regt sich und sucht sich auf die Füsse zu stellen. Man kann dabei keine stärkere Füllung der Blutgefässe der harten Hirnhaut wahrnehmen.

10 U. 19 M. Tiefe Athemzüge. Keine Spur sichtbarer Hirnbewegungen.

10 U. 25 M. Bewegungen des Murmelthieres und lebhaftere Athmung, als früher. Man bemerkt eine grössere Anzahl von Gefässen der harten Hirnhaut mit der Lupe. Die, welche früher kenntlich waren, scheinen auch stärker gefüllt zu sein.

10 U. 30 M. Ich schnitt die frei liegende harte Hirnhaut in der Mitte der ganzen Länge nach durch. Das Thier reagirte dabei lebhaft. Eine heftige Blutung folgte nach. Man sah keine Spur von Bewegung des blossliegenden Hirntheiles, selbst wenn das Thier sich regte.

11 U. 20 M. Obgleich es oft und tief athmete, so fehlten doch alle kenntlichen Hirnbewegungen.

2 U. 45 M. Das Thier hatte die Augenlider geöffnet, athmete lebhaft, verhielt sich aber im Ganzen apathisch. Keine Spur sichtbarer Hirnbewegung. Die Oberfläche des frei liegenden Theiles der rechten Grosshirnhemisphäre zeigte unter der Lupe viele feine Gefässe und einzelne Extravasaten ähnliche rothe Flecke. Wurde sie gedrückt, so blieb das Thier ruhig. Dasselbe war nach Einstichen in die Kopfhaut der Fall. Das vorsichtigste Abwischen der Wunde mit einem feuchten Schwamme erzeugte eine anhaltende Blutung.

Am zweiten Tage um 12 Uhr. Das Thier liegt eingerollt und mit geschlossenen Augen in Halbschlaf. Es athmet tief und verhältnissmässig häufig. Keine Spur sichtbarer Hirnbewegung.

Am dritten Tage $9^1/_2$ Uhr. Das Thier in Halbschlaf.

$10^1/_4$ Uhr. Theils klonische und theils tonische Krämpfe in den Muskeln der Glieder und des Kiefers, die einige Minuten anhielten. Später eine auffallende Steifheit in den Gliedern. Ein Theil der Grosshirnmasse war zur Wunde seit gestern herausgequollen. Sie zeigte keine Spur von Hirnbewegung. Drückte man sie leise, so erfolgte keine Reaction. Ein tieferer Druck führte zu schwachen Bewegungen der Gliedmassen. Der Mastdarm gab 25°,5 C. bei 15°,8 C. der Luft an. Das Murmelthier war später vollkommen erwacht, zeigte aber keine Spur der Böswilligkeit, die sonst den wachen Murmelthieren eigen ist. Man konnte es ohne allen Widerstand misshandeln. Es athmete dabei 56 Mal in der Minute.

2 Uhr. Die frühere Apathie dauerte fort. Die Abtragung des zur Wunde herausragenden Theiles der Grosshirnhemisphäre führte zu keiner Reaction. Diese trat dagegen nach der Zerrung der Haut sogleich ein. Das Thier konnte nicht die Hinterbeine, wohl aber die Vorderbeine willkührlich bewegen. Die Versuche, sich auf die vier Füsse zu stellen, misslangen daher.

Man tödtete es unmittelbar darauf durch Anschneiden der Halsschlagadern. Die Reizung des Halstheiles des einen Vagus mit den Schlägen des Magnetelektromotors führte zu Bewegungen in dem Dünndarme, nicht aber zu solchen im Magen des eben gestorbenen Thieres.

Zweiter Versuch.

Ich trepanirte ein kleines Murmelthier fast genau in der Mittellinie des Schädeldaches. Die Auswahl dieses weniger passenden Ortes, welche eine kleine Verletzung des *Sinus longitudinalis superior* nach sich zog, führte zu einer Blutung, die mehr als 2 bis 3 Stunden anhielt. Selbst der Gebrauch des Glüheisens konnte dieselbe nicht sogleich vollkommen stillen. Das Thier erwachte dabei nicht vollständig. Der tiefe Schlaf ging nur in Halbschlaf über. Die Wunde bedeckte sich endlich mit einer Kruste geronnenen Blutes.

Das Murmelthier wachte hierauf 5 Tage, schlief dann fest ein, verharrte in diesem Zustande ungefähr vier Tage und wechselte in der Folge drei Male zwischen mehrtägigem Schlafen und Wachen. Die Wunde blieb dabei mit der geronnenen Blutkruste bedeckt. Sie störte aber das Verhalten des Thieres nicht im Geringsten. Ein gleichzeitig trepanirtes Kaninchen starb früher, als das Murmelthier zum dritten Male einschlief.

Zwei Wochen nach der Trepanation nahm ich die Blutkruste vorsichtig fort, nachdem wiederum ziemlich fester Schlaf eingetreten war. Ich fand unter ihr einen sehr reichlichen Eiterherd. Die Beseitigung desselben mittelst eines nassen Schwammes störte den Schlaf des Thieres eben so wenig, als die Entfernung der Blutkruste. Der blossliegende Theil der Hirnhaut, der keine Spur von Ortsveränderung zeigte, als das Thier später von Neuem zu athmen begann, war mit einer angeklebten weissgelblichen festen Ausschwitzung bedeckt. Das Thier dehnte sich während des in der Folge eintretenden Schlaftaumels. Es hielt zwar die Augenlider geschlossen, hatte aber den Schwanz ausgestreckt und das linke Hinterbein gehoben, während es auf den drei übrigen Beinen ruhte. Nach einiger Zeit traten die rasch aufeinander folgenden Athemzüge auf, welche das allmählige Erwachen immer begleiten.

Keines der Eiterkörperchen der oben erwähnten Eitermasse verrieth eine Spur scheinbarer Molecularbewegung der Inhaltskörperchen, wenn ich sie mit einer Hartnack'schen Eintauchungslinse Nr. 10 untersuchte. Das Ergebniss blieb das Gleiche, man mochte den Eiter

unmittelbar, mit Wasser oder mit Glycerin verdünnt prüfen. Die Bewegungen der Körnchen einzelner kreisrunder mit Kernen versehener Körperchen meines vergleichsweise untersuchten Speichels dagegen zeigten sich auf das Deutlichste. Bruecke [1]) sah auch diese Erscheinungen in den lebenden Eiterkörperchen.

Obgleich die mit der weissen Exsudatmasse bedeckte harte Hirnhaut, so weit die Trepanationswunde reichte, frei zu Tage lag, so schlief doch das Murmelthier nach 24 Stunden so fest ein, dass ich je ein einen halben Centimeter langes Stück des linken Halsstammes des Vagus und des Sympathicus herausschneiden konnte, ohne dass das Thier in seiner tiefen Erstarrung wesentlich gestört wurde. Die bei dieser Gelegenheit gemachten Studien über die Wärmeverhältnisse sind schon in der vorhergehenden Abtheilung angeführt worden. Beide Operationen schadeten so wenig, dass das Thier noch Wochen lang fortlebte, bis zu acht Tagen während dieser Zeit wachte, gelegentlich wieder einschlief und sich überhaupt verhielt, als wenn nichts Besonderes vorgegangen wäre.

Als es von Neuem fest eingeschlafen war und die sichtlichen Athemzüge länger als eine bis zwei Minuten ausblieben, umschlang ich die blossgelegte Luftröhre mit einem Faden und schnürte diesen um 9 U. 14 M. möglichst fest zu. Das Thier wurde hierdurch in seinem Schlafe nicht sichtlich gestört.

9 U. 16 M. Eine Athembewegung, bei der sich jedoch die Bauchdecken nicht merklich heben und ausdehnen.

9 U. 18 M. Leise Bewegung der Extremitäten, besonders des linken Vorderbeines und bald darauf des Kopfes. Das Thier wird dann unruhig, sucht sich auf die vier Beine zu stellen und krümmt sich.

9 U. 21 M. Das Thier öffnet in Athemnoth den Mund, ist unruhig, sinkt, nachdem es aufgestanden, um, öffnet wiederum den Mund nach einer halben Minute und stellt sich endlich auf.

9 U. 23 M. Es stirbt ohne Spur von Krämpfen oder anderen äusseren Anzeichen. Man erkennt den Tod nur an der seitlichen

---

[1]) Bruecke in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie. Bd. XLV. 1862 S. 629 sqq.

Lage, die es eingenommen und der Regungslosigkeit der Glieder, die sich auch nicht bewegen, wenn der Fuss kräftig gedrückt wird.

9 U. 24 M. Das Einschneiden der Haut des Oberschenkels erzeugt keine Reflexbewegungen.

Der Zustand der Trepanationswunde der Leiche und des getrennten Vagus-Sympathicus ist schon §. 24 dargestellt worden.

Dritter Versuch.

Ich stach zwei mit Leitungsdrähten verbundene Nadeln zu beiden Seiten der Wirbelsäule in der Gegend des ersten Rückenwirbels ein. Wurde dann die Verbindung mit einer aus sechs grossen Zink-Kohlenelementen bestehenden Batterie hergestellt, so regte das Thier alle vier Füsse nicht bloss im Augenblicke des Schlusses, sondern auch während der ersten Zeit des Geschlossenseins. Es verhielt sich dagegen ruhig während der übrigen Dauer des Kettenschlusses und zur Zeit der Oeffnung der Kette. Die mehrfache Wiederholung des Versuches führte zu dem gleichen Ergebnisse. Der Glanz und die dunkle Farbe der Hornhaut setzten der Untersuchung der Pupillengrösse beträchtliche Schwierigkeiten entgegen, die nicht aufhörten, wenn man selbst einen Theil der zurückgeworfenen Strahlen durch die Einschaltung eines Nicols abblendete. Die Pupille behielt aber, so viel ich sehen konnte, ihre während des Winterschlafes immer vorhandene beträchtliche Weite bei, als der Strom durch die untere *Regio cilio-spinalis* floss. Die Regenbogenhaut schien auch nicht zu antworten, wenn man ihn durch den linken Vagus-Sympathicus gehen liess.

Vierter Versuch.

Man führte eine dünne Explorationsnadel in das Herz eines fest schlafenden kleinen Murmelthieres ein. Zwei an den Elektroden der Inductionsrolle eines Schlitten-Magnetelektromotors befestigte Nadeln wurden zum Einstechen benutzt. Die Ströme, die im Folgenden als schwach aufgeführt werden, waren so unbedeutend, dass ich ihre Wirkungen mit der Zungenspitze nicht fühlte.

Man hatte 5 Herzschläge in der Minute am Anfange der Versuchszeit. Die Explorationsnadel machte dann und später nicht bloss eine

Bewegung vor und rückwärts, sondern drehte sich auch in einem Bogen herum.

Die Zuleitungsnadeln steckten zu beiden Seiten der Wirbelsäule in der Gegend des ersten Halswirbels.

Die schwachen Schläge des Magnetelektromotors führten nur zu geringen Bewegungen des Kopfes, die bald aufhörten, obgleich der Magnetelektromotor fortarbeitete. Das Herz schlug dann 5 bis 6 Mal in der Minute, also wie früher. Stärkere Ströme erzeugten schwache Zusammenziehungen der Nackenmuskeln. Das Herz klopfte dann 7 Mal in der Minute. Etwas kräftigere Ströme regten Bewegungen der Muskeln der Vorder- und der Hinterbeine an, die nach kurzer Zeit aufhörten. Die Explorationsnadel gab dann 4 bis 5 Herzschläge für die halbe Minute an. Verstärkte ich endlich die Schläge so sehr als möglich, indem ich die Inductionsrolle vollständig über die inducirende hinüberschob, so erzeugte sich Starrkrampf in den Vorder-, nicht aber in den Hinterfüssen. Die Zehen der Vorderbeine waren dabei nicht gestreckt, sondern gebeugt. Das Thier wurde hierdurch so sehr erregt, dass man 11 bis 12 Herzschläge für die halbe Minute unmittelbar nach dem Aufhören der Elektrisirung zählte. Der Starrkrampf verlor sich übrigens unmittelbar nachdem die elektrische Einwirkung aufhörte. 1 bis 2 Minuten nach derselben hatte man 16 Herzschläge und 8 Athemzüge in der halben Minute.

Ich klemmte hierauf einen Korkzapfen zwischen die obern und untern Backzähne der rechten Seite, um den Mund offen zu halten, stach eine Nadel in die Gegend der Austrittsstelle des Antlitznerven aus dem Griffelloche und eine andere an dem vordersten Theil der Unterkiefergegend ein. Der Magnetelektromotor erzeugte dann zuerst Zuckungen in den Gesichtsmuskeln. Die Vorderbeine bewegten sich nur einen Augenblick. Man hatte später anhaltende Zusammenziehungen der Kaumuskeln der rechten Seite. Speichel trat nicht hervor. Das Herz klopfte nach dem Elektrisiren mit längeren Unterbrechungen. Man hatte z. B. im Laufe einer Minute 5 Herzschläge, dann 10 Secunden Ruhe, hierauf einen Herzschlag, dann wiederum eine Ruhe, 3 Herzschläge, neue Pause und zuletzt noch einen Herzschlag. Es zeigten sich 5 wellige Athembewegungen in der halben Minute.

Befand sich die eine Zuleitungsnadel in der Gegend des Stammes des Antlitznerven und die zweite in der des Ober- oder des Unterkiefers, so dass die Schläge jedenfalls durch die Mundspeicheldrüsen und deren Nerven gingen, so blieb doch die Mundhöhle durchaus trocken, wie früher, wenn selbst der Magnetelektromotor 5 Minuten ununterbrochen arbeitete.

Ich liess hierauf die eine Nadel in der Gegend des Stammes des Antlitznerven und führte die andere in die Mundhöhle ein. Der Kopf neigte sich nach abwärts unter den kräftigen Schlägen des Magnetelektromotors. Die Vorderbeine blieben ruhig. Hatte der Magnetelektromotor 2 Minuten gearbeitet, so fanden sich im Laufe einer Minute 2 Herzschläge, Pause, 5 Herzschläge, Pause, 11 Herzschläge, Pause, 3 Herzschläge, Pause. Die Mundhöhle erschien trocken bis kaum spurweise feucht, nachdem die Schläge des Magnetelektromotors von Neuem 5 Minuten lang ununterbrochen gewirkt hatten. Die Absonderung von Speichel und Mundschleim fehlte gänzlich oder bestand höchstens in einem kaum merklichen Minimum.

Mässig starke Ströme dienten meistentheils zu den übrigen Beobachtungen. Ich stach die Nadeln zu beiden Seiten des untersten Theiles der Halswirbelsäule ein. Die Schläge des Magnetelektromotors erzeugten Starrkrämpfe der Vorderbeine, nicht aber der Hinterfüsse, die sich in weniger als einer halben Minute lösten. Verstärkte man die Ströme, so blieb der Tetanus wie früher beschränkt. Er löste sich während des Elektrisirens an dem Vorderarme, nach demselben aber erst am Oberarme.

Waren die Nadeln dicht zu beiden Seiten der Rückenwirbelsäule eingestochen, so zeigten die Starrkrämpfe einen eigenthümlichen Unterschied zwischen den Vorder- und den Hinterbeinen. Die Zehen der Ersteren waren eingebogen, die der Letzteren dagegen gestreckt. Das Thier entleerte eine bedeutende Menge von Harn, nicht aber Kothmassen. Es befand sich noch in leisem Schlafe mit geschlossenen Augenlidern nach allen diesen Versuchen.

Ein anderes kleines Murmelthier, das im Ganzen ähnliche Ergebnisse lieferte, hatte mehrere Kothballen in Folge der mit dem Magnetelektromotor vorgenommenen Reizung des mittleren Abschnittes

des Rückentheiles des Rückenmarkes ausgestossen, während es sich in mässig tiefem Schlafe befand. Der letztere Umstand zeigt, dass man es mit einer Wirkung der Electricität und nicht mit einem Willkühracte zu thun hatte. Denn wir sahen schon in der ersten Abtheilung, dass sonst die Kothentleerung nur erst einige Zeit nach dem Erwachen eintritt. Der Abgang von Harn und Koth hätte vielleicht durch die Zusammenziehung der Bauchmuskeln begünstigt werden können, allein eine sehr kräftige Verkürzung derselben und noch weniger die Zeichen einer nachdrücklichen Bauchpresse verriethen sich keinesfalls, während die galvanischen Ströme durch das Rückenmark gingen.

Fünfter Versuch.

Ein grosses fest schlafendes Murmelthier wurde Mitte April trepanirt. Ich bohrte eine Trepankrone um 9 U. 23 M. in den vorderen Theil des rechten Scheiteldaches, ohne dass nur ein Tropfen Blut ausgeflossen oder die harte Hirnhaut verletzt worden wäre. Die Letztere erschien bläulichweiss. Ihre Blutgefässe zeigten sich keineswegs auffallend gefüllt. Die zweite Trepanation, die weiter nach hinten vorgenommen wurde, und zwar so, dass beide Kreisöffnungen einander berührten, war mit einer bedeutenden Blutung und einer stellenweisen Verletzung der harten Hirnhaut verbunden. Diese Operation wurde um 9 U. 25 M. beendigt. Das Thier blieb in seinem intensiven Schlafe trotz des reichlichen Ausflusses des Blutes und fing erst einige Zeit darauf sichtlich zu athmen an.

So lange die vordere Trepanöffnung allein bestand, mithin aller Blutausfluss mangelte, strömten ungefähr 2 bis 3 Cubikcentimeter reine Cerebrospinalflüssigkeit hervor. Sie war farblos und lieferte keine Spur von Zuckerreaction mit Fehling'scher Lösung.

Ich liess einen Theil des später hervorquellenden kirschrothen Blutes in eine starke wässrige Kalilösung fliessen. Die Farbe des Ganzen wurde im ersten Augenblicke etwas heller roth. Die Flüssigkeit erschien aber schon nach wenigen Minuten auffallend dunkeler. Eine Schicht von einem Centimeter Dicke war sehr dunkel kirschroth in durchfallendem und fast schwarz in auffallendem Lichte. Dünne

Lagen, wie sie an den Wänden des Glases nach dem Ausgiessen der Mischung haften blieben, zeigten sich merklich grün in auffallendem, wie in durchfallendem Lichte. Man hatte also keine Spur der Anwesenheit von Kohlenoxyd im Blute. Wurde diese Kalilösung beträchtlich verdünnt oder mischte ich drei Tropfen Blutes mit 5 C. C. Wasser, so konnte ich mehrere Grammen festen Kalis auflösen, ohne dass die gelbgrünliche Flüssigkeit ihre Blutbänder am Spektroskope verlor. Diese erhielten sich auch in Verdünnungen dieser Kalilösung mit grosser Zähigkeit.

Ein Stück der rechten Grosshirnhalbkugel ragte zur hinteren Trepanationswunde hervor. Man konnte an ihm keine Hirnbewegungen selbst unter der Lupe wahrnehmen.

9 U. 50 M. Das Thier schläft noch fest.

9 U. 58 M. Bei festem Schlafe 4 tiefe Athemzüge in der halben Minute.

10 U. 1 M. Keine Spur von Hirnbewegungen an der hervorragenden Hirnmasse. Ich schnitt nun von dieser ein Stück von 8 Mm. Länge, 5 Mm. Breite und 2 Mm. Dicke fort, so dass ich eine ebene Wundfläche des Oberflächenbezirkes der rechten Grosshirnhemisphäre erhielt, an der man den Unterschied von grauer Rinden- und weisser Markmasse sehr gut erkannte. Die Hirnverletzung zog keine Reaction nach sich. Ich könnte nicht sagen, dass die Schnittfläche irgend auffallend blutreich erschien. Man sah mit der Lupe einzelne zerstreute rothe Pünktchen als Anzeichen der Orte, an denen sich durchschnittene Gefässe befanden. Trotz der bisweilen eintretenden tiefen Athemzüge war keine Spur von Hirnbewegung wahrzunehmen.

10 U. 9 M. Ich stach die Elektroden der Inductionsrolle eines Schlittenapparates in die Querschnittsfläche der Hirnwunde. Die Ströme waren so schwach, dass ich sie eben noch auf der Zunge fühlte. Das Thier beantwortete sie nicht, als sie durch den zugänglichen Hirntheil der Hemisphärenoberfläche geleitet wurden. Es bewegte dagegen den Kopf auf der Stelle, so wie man die Elektroden an die Hautwunde brachte.

10 U. 11½ M. Sehr starke Ströme erzeugten nur schwache Bewegungen des Kopfes, wenn man wiederum die Hirnmasse ansprach,

man hatte aber nicht die Zusammenziehungen in den Kaumuskeln, die in dem Thiere des zweiten Versuches unter den gleichen Verhältnissen aufgetreten waren. Berührte man die Hautwunde mit den Elektroden, so entstanden die lebhaftesten Bewegungen des Thieres.

10 U. 13½ M. Die von Blut gereinigte Fläche der Hirnwunde erschien mir nicht wesentlich blutreicher als früher, obgleich jetzt das Thier merklich leiser schlief, als vorher.

10 U. 16 M. Die Untersuchung der Hirnmasse mit der Lupe führt zu demselben Ergebnisse, obgleich sich das Thier bei dem Anfassen bewegt und sogar zu kratzen sucht.

10 U. 30 M. Das Murmelthier halbwach. Da die Kaumuskeln, wie es in diesem Stadium des Erwachens häufig vorkommt, fortwährend zucken, so sieht man unmittelbar die anhaltenden Wechselkrämpfe des blossgelegten obersten Theiles des Schläfenmuskels. Die Hirnmasse, wie früher.

10 U. 44 M. Keine wesentliche Veränderung der Hirnmasse, obgleich sich das halbwache Thier wehrt und zu kratzen sucht. Die harte Hirnhaut vielleicht etwas blutreicher.

10 U. 45 M. Die Hautwunde zugenäht. Wiewohl sich dabei das Murmelthier auf das Heftigste sträubt, hält es doch stets die Augen geschlossen.

Es wurde des Nachmittags vollkommen erwacht gefunden, blieb meistentheils ruhig und hatte die Augen beständig offen. Die Gliedmaassen zeigten eine eigenthümliche auffallende Steifheit in der Ruhe und eine gewisse Ungelenkigkeit in den Bewegungen, wie sie auch an dem trepanirten grösseren Murmelthier des ersten Versuches, nicht aber an den kleineren des zweiten und dritten vorgekommen war. Das Thier schien sich nach und nach zu erholen, blieb immer wach und mit offenen Augen, bewegte sich aber fast gar nicht und starb in der Nacht des fünften bis sechsten Tages nach der Operation.

Der Leichnahm, dessen Schlagadern eingespritzt wurden, zeigte eine nachdrückliche Todtenstarre. Die Oberfläche des verletzten vorderen Theiles der rechten Grosshirnhalbkugel, welche unter den Trepanlöchern lag, wurde von einer röthlichen weichen, nicht sehr dicken Schicht gebildet, in der man Eiterkörperchen und einzelne

Aggregatkugeln ausser den Trümmern der weissen und der grauen Hirnmasse erkannte. Verhältnissmässig ausgedehnte Extravasate, die aus geronnenem Blute in der Leiche bestanden, fanden sich nicht nur über den Hirnhäuten des grossen und des kleinen Gehirns, sondern auch an der Grundfläche des Schädels. Zahlreiche stark gefüllte Blutgefässe durchzogen die Oberflächen des grossen und des kleinen Gehirns. Der den Trepanöffnungen entsprechende verletzte Bezirk zeichnete sich aber nicht gerade durch besonderen Blutreichthum vor den übrigen Gegenden aus. Krystalle von Hämatokrystallin konnten weder in den untersuchten Proben der Extravasate, noch in denen flüssigen Blutes drei Tage nach dem Tode beobachtet werden.

Die Injection der Schlagadern wies keine Art von Gefässeigenthümlichkeiten, die nicht früher schon von Mangili, Otto und Barkow beschrieben worden wären, nach. Im Gegensatze zur Carotis und deren Aesten, worunter auch die merkwürdige Trommelhöhlen-Steigbügelschlagader die gewöhnlichen Verhältnisse darbot, zeichneten sich viele der Schlagaderzweige der Unterleibseingeweide durch ihre zahlreichen starken Schlängelungen aus. Diese fielen an den die verhältnissmässig dicke Pfortader z. Theil begleitenden Aesten der Leberarterie, den Zweigen, die auf dem Magen und in dem schmalen Zwischengekröse der zweischenkeligen Dickdarmschlinge und z. Theil dem Blinddarme verliefen, am Meisten auf. Sie fehlten dagegen an den in dem Dünndarm- und dem Mastdarmgekröse enthaltenen Arterien, deren Bogen sehr nahe an den entsprechenden Darmtheilen verliefen, an den starken Zweigen der Fettkörper und der Falloppi'schen Röhren. Die *Vena azygos* zeichnete sich durch ihre Grösse aus. Sie ging längs des rechten Brusttheiles der Winterschlafsdrüse dahin.

Die Lungen lieferten das eigenthümlichste Sectionsergebniss. Alle Lappen beider Lungen zeigten dunkelbraune Flecke, wie sie nach der doppelten Vagusdurchschneidung gefunden wurden (Siehe §. 23.). Sie waren nur hier grösser und gleichartiger und nicht so sehr aus einzelnen Inseln zusammengesetzt.

Die, wie gewöhnlich, grasgrün gefärbte Krystallinse trübte sich durch die Einwirkung von rauchender Salpetersäure und wurde gelb.

Zwischenfarben, wie bei dem Gallenfarbenstoff wurden nicht wahrgenommen. So sehr die grüne Farbe dem freien Auge auffällt, so wenig bemerkte man sie schon unter schwachen Vergrösserungen. Die Linsenfasern boten nichts Eigenthümliches dar.

Die in diesem Paragraphen beschriebenen Versuche lehrten:

1. Murmelthiere, die sich in festem Winterschlafe befinden, können trepanirt werden, ohne dass sie erwachen. Man vermag zwei Trepankronen von je einem Centimeter Durchmesser auszubohren und eine zwischen ihnen befindliche Knochenbrücke hinwegzuschneiden, während die Thiere in ziemlich festem Schlafe verharren. Die Knochenverletzung erzeugt dabei in günstigem Falle keine irgend merkliche Blutung, so dass man die harte Hirnhaut rein, wie sie ist, blosslegt. Zerreisst man dagegen selbst nur ein kleines Blutgefäss derselben, so bekommt man die anhaltendsten Blutungen, weil die langsame Gerinnbarkeit des Blutes deren Stillung im höchsten Grade erschwert. Die Thiere erwachen dabei nach und nach.

2. Ein jüngeres Murmelthier vertrug die Trepanation ausserordentlich gut. Es schlief wieder ein und benahm sich nachher im Wachen, wie gewöhnlich. Dabei war die Hautwunde nicht zugenäht worden. Nur eingetrocknetes geronnenes Blut bedeckte dieselbe. Man konnte später die Vagus-Sympathicusdurchschneidung an der einen Seite des Halses vornehmen, ohne dass hierdurch das zugleich trepanirte Thier die Fähigkeit, in den festesten Schlaf zu verfallen, verloren hätte. Es benahm sich in der Folge im Wachen wie gewöhnlich. Zwei ältere Thiere dagegen vertrugen die Trepanation weit weniger und gingen nach einiger Zeit durch die Verwundung zu Grunde. Diese grössere Empfindlichkeit der älteren Geschöpfe gegenüber von jüngeren ist mir auch schon früher bei anderen Eingriffen aufgefallen.

3. Hat man die Schädelhöhle ohne Blutung mit der Trepankrone geöffnet, so kann man eine beträchtliche Menge von Cerebrospinalflüssigkeit, die farblos erscheint und keine Zuckerreaction mit der

Fehling'schen Lösung giebt, ausfliessen sehen. Dieser Verlust stört nicht im Mindesten die Tiefe des Winterschlafes.

4. Die ohne Blutung blossgelegte harte Hirnhaut erscheint blass und weissbläulich. Eine Ueberfüllung der Blutgefässe oder auch nur der Venen während der Erstarrung lässt sich weder in der harten Hirnhaut, noch in dem Gehirne erkennen, obgleich man mit der Lupe selbst die feineren Gefässchen deutlich wahrzunehmen vermag. Einzelne scheinen sich bisweilen stärker zu füllen, wenn das Thier erwacht.. Dieses findet jedoch keineswegs in allen Fällen Statt. Man bemerkt sogar als Regel in den Hirnhäuten und der Hirnmasse keinen sicheren Unterschied der Blutgefässfüllung zwischen der tiefen Erstarrung und dem halbwachen Zustande. Unsere Kenntnisse der Thätigkeit des centralen Nervensystemes sind zu wenig vorgerückt, als dass man daran denken könnte, angeben zu wollen, was in dem Gehirne während des Winterschlafes und während des gewöhnlichen Schlafes vorgeht.

5. Reibt man die blossgelegte harte Hirnhaut mit einem nassen Schwamme, so werden bisweilen unter der Lupe Gefässe sichtbar, die man früher ihrer geringeren Fülle wegen nicht erkannte. Der Versuch misslingt jedoch in der Mehrzahl der Fälle.

6. Ich habe unter keinen Verhältnissen an dem blossgelegten Gehirne eines fest oder leise schlafenden oder im Erwachen begriffenen Murmelthieres eine Spur von Gehirnbewegungen, selbst unter der Lupe wahrnehmen können. Alles blieb sogar ruhig wenn das Thier tief ein- oder ausathmete. Ein vergleichsweise mit demselben Trepan operirtes Kaninchen zeigte die lebhaftesten respiratorischen Hebungen und Senkungen der Hirnmasse.

7. Das Einschneiden der harten Hirnhaut wurde bisweilen von dem halbwachen Thiere mit Gegenbewegungen beantwortet. Diese fehlten dagegen, wenn man den blossgelegten Bezirk des oberen Theiles der Grosshirnhalbkugel berührte, drückte oder zum Theil fortschnitt. Reizte man ihn mit den Schlägen des Magnetelektromotors, so erhielt man hin und wieder Starrkrämpfe in den Kaumuskeln, nicht aber in irgend einem anderen Körpertheile. Nur ein starker Druck, der die zur Wunde nach 24 Stunden hervorgequollene

Hirnmasse traf, liess eine leise Regung der Extremitäten ausnahmsweise zum Vorschein kommen.

8. Die beiden älteren Murmelthiere hatten die Böswilligkeit, die sie sonst im wachen Zustande verrathen, gänzlich verloren. Man konnte sie anfassen, tragen oder hinstellen, wie man wollte, ohne dass sie zu beissen versuchten oder pfiffen. Die Extremitäten verriethen eine auffallende Steifheit, die sichtlich krampfhafter Natur war, bei allen Bewegungsversuchen. Das Thier sank daher in der Regel um oder ein, wenn es sich emporrichten wollte.

9. Hatte sich ein Eiterherd über der harten Hirnhaut des jungen Murmelthieres in Folge der Trepanation gebildet, so konnte man den Eiter entfernen und das Exsudat von der harten Hirnhaut abzustreifen suchen, ohne dass das Thier erwachte. Es schlief später mit blossgelegter harter Hirnhaut, als wenn Nichts geschehen wäre, fort.

10. Eine Eintauchungslinse, welche die scheinbare Molecularbewegung in vielen Speichelkörperchen meines Speichels sogleich erkennen liess, zeigte keine Spur derselben in allen untersuchten Eiterkörperchen.

11. Stach man die Drähte der Inductionsrolle des Magnetelektromotors zu beiden Seiten des Rückentheiles der Wirbelsäule ein, so dass die Ströme den entsprechenden Bezirk des Rückenmarkes durchsetzen, so bewegten sich alle vier Extremitäten bei hinreichender Stärke der Erregung im Augenblicke des Schlusses und während der ersten, nicht aber während der späteren Zeit des Geschlossenseins. Sie ruhten auch während oder nach der Oeffnung der Kette. Der Einfluss des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven gab sich also auch bei der Wirkungen des Rückenmarkes, wenn auch nicht vollkommen rein, doch deutlich zu erkennen.

12. Die Bewegungen, welche die elektrische Reizung einzelner Abschnitte des Rückenmarkes der winterschlafenden Murmelthiere hervorruft, werden verhältnissmässig um so ausgedehnter, je stärker die ein- und austretenden Ströme sind. Mann kann aber auch bloss örtliche Wirkungen bei kräftigen Strömen und tiefem Schlafe erhalten, so dass z. B. die Reizung der *Regio cilio-spinalis inferior* nur Starrkrämpfe in den Vorder- nicht aber in den Hinterbeinen erzeugt.

Die in den letzteren erscheinen dagegen allein, wenn man die untere Hälfte des Rückentheiles des Rückenmarkes anspricht.

13. Erhielt man Starrkrämpfe in allen vier Füssen, so bemerkte man den Unterschied, dass alsdann die Zehen der Vorderbeine gebeugt und die der Hinterfüsse gestreckt waren.

14. Der Durchgang der Schläge des Magnetelektromotors durch den aus dem Griffelloche hervorgetretenen Stamm des Antlitznerven und die Gesichtsmuskeln erzeugt Zusammenziehungen der Letzteren, aber keine irgend sichere Spur von Speichelabsonderung. Dasselbe wiederholt sich, wenn man die Elektroden so eingestochen hat, dass die Inductionsströme jedenfalls durch die Mundspeicheldrüsen und deren Nerven gehen müssen.

15. Die elektrische Erregung des mittleren Abschnittes des Rückenmarkes führt bisweilen zu Harn- oder Kothentleerung, während das Thier noch fest oder leise schlätt. Man bemerkt dabei keine irgend auffallende Zusammenziehung der Bauchmuskeln.

16. Das Blut eines trepanirten Murmelthieres zeigte keine Reaction, welche auf die Anwesenheit von Kohlenoxyd schliessen liesse.

17. Die Lungen lieferten in einem Falle die dunkelbraunrothen Flecke, die man auch nach der doppelten Vagustrennung am Halse vorfand.

18. Viele der Unterleibsschlagadern des Murmelthieres zeichnen sich durch ihre zahlreichen Schlängelungen auffallend aus.

19. Die grüne Krystallinse wurde mit rauchender Salpetersäure trüb und gelb, ohne weitere Uebergangsfarben darzubieten.

XL.

Untersuchungen über die erste Anlage des Gehörorgans der Batrachier.

Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.

Von

Cand. Med. S. Schenk [1].

(Mit 1 Tafel.)

Unsere Kenntnisse über die Entwickelung des Gehörorgans bei Batrachiern reichen nicht über das geschlossene Labyrinthbläschen zurück. Ein solches beschrieb zuerst Rusconi [2]) und dann Remak [3]).

Ueber die Entstehungsweise dieses Bläschens aber finden wir, trotzdem dass Remak ausführlich darüber spricht, keine Aufklärung. Remak sagt: das Labyrinthbläschen schnüre sich aus der innern Zellenschicht des äussern Keimblattes ab, er giebt uns aber weiter keine Aufklärung darüber, wie wir uns eine solche Abschnürung vorzustellen haben. Es könnte uns ohne Weiteres klar sein, wie sich ein Sack abschnürt, um ein kleineres Säckchen entstehen zu lassen. Wenn sich aber aus einer Zellenmasse, Zellenstratum, ein Bläschen abschnüren soll, so ist das von vorne herein nicht fasslich genug, um ohne nähere Beschreibung, als eine befriedigende Angabe gelten

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Prof. Brücke vorgelegt. I. Bd. I. Abth. 1864.

[2]) Developpement de la grenouille commune, 1826.

[3]) Remak, Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere, 1855.

zu dürfen. Remak's Aussage ist übrigens an eine Reihe von Sätzen geknüpft, die uns zu der Meinung verleiten könnten, er hielte diese Frage selbst nicht für abgeschlossen.

Aus seinen Angaben über den Hühnerembryo ergiebt sich, dass er das Gehörorgan bei diesen Thieren unzweifelhaft aus einer Einstülpung von aussen hervorgehen lässt. Als einen Rest der früher offenen Grube betrachtet er die Oeffnung, welche von aussen her in das Gehörbläschen führt. Nun fand er zuweilen auch bei Rana eine solche Oeffnung, und nachdem er uns nicht genau sagt, welche Ansicht er sich über die Bildung des Labyrinthbläschens bei Batrachiern verschafft habe, so sollte man glauben, diese Oeffnung wäre bei Batrachiern gerade so zu deuten, wie bei Hühnern. Aber schon in demselben Absatze lässt Remak diese Oeffnung unbeachtet und spricht sich für die — wie schon oben gesagt — unklare Abschnürung aus dem tieferen Zellenstratum aus, und wir wissen geradezu nicht, wie sich diese beiden Angaben vereinigen lassen.

Wir wissen also nur, dass die Anlage des Labyrinthes zu einer gewissen Zeit eine Blase ist; wir wissen dass diese Blase zu einer gewissen Zeit mit dem äussern Keimblatte zusammhängt; unklar ist uns aber, wie dieses Bläschen entstanden ist, und aus welchen Schichten es sein Material bezogen hat.

Ich gehe hier auf die Angaben, welche über die Entwickelung des Labyrinthbläschens bei Säugethieren und Vögeln gegeben worden, nicht ein, denn wenn auch die Thatsachen, die für diese Thierreihen aufgestellt wurden, auf das Unzweifelhafteste erwiesen wären, so liesse sich für die Batrachier dennoch kein Schluss daraus ziehen. Remak hat in richtiger Erkenntniss dieses Verhältnisses die Angaben, welche er für das Hühnchen als ausgemacht hinstellt, bei den Batrachiern so unbestimmt gefasst, dass man sie eben so gut für abweichend als übereinstimmend halten kann.

Die Hühnerembryonen sind eben im frischen Zustande durchsichtig, die der Batrachier aber nicht, so dass man bei jenen gewisse einfache Verhältnisse im frischen Zustande mit anscheinender Sicherheit sehen kann, was bei Batrachiern nicht der Fall ist. Diesem Uebelstande kann aber durch die Bereitung dünner Durchschnitte abgeholfen

werden. Ich habe die ersten Anlagen des Gehörbläschens nach der bereits von Dr. Stricker angegebenen Methode in der Weise zu eruiren gesucht, dass ich aus dafür geeigneten Embryonen sorgfältig dünne Schnitte anfertigte. Es gelang mir so das fragliche Organ in der ersten Zellenanlage aufzufinden und der Vollendung des Gehörbläschens Schritt für Schritt zu folgen.

Herr Dr. Stricker, der mich bei meinen embryologischen Untersuchungen mit seinem Rathe unterstützte, machte mich aufmerksam, es könne das Labyrinthbläschen bei Batrachiern nicht durch eine Einstülpung von aussen zu Stande kommen, da er durch eine Reihe von Jahren ein darauf bezügliches Grübchen suchte, ohne es je zu finden, und es wäre doch nicht wahrscheinlich, dass es ihm an vielen tausend Embryonen entgangen sein konnte, während er allen äusseren Veränderungen an den durch Chromsäure gelb gefärbten Präparaten ohne Schwierigkeit folgen konnte.

Ich suchte daher diese Frage zu erledigen und kann nunmehr Folgendes aussagen.

Die früheste Spur von Labyrinthbläschen, fand ich bei Embryonen von *Bufo cinereus* in einem Stadium, dass durch folgende Erscheinungen charakterisirt ist: das Eichen war eben in die Länge gezogen, der Centralkanal geschlossen, von den ersten Schienen eine geringe Andeutung, die Anlage der zukünftigen Augen als seitliche Hervorwölbung sichtbar,

Ich fand auf einem Querschnitte (Fig. 1) den Centralkanal geschlossen, zu beiden Seiten desselben nimmt eine lockere Zellenmasse, dem mittleren Keimblatte Remak's entsprechend, den grössten Theil der Dicke der Embryonalwand ein. Ueber derselben liegen zwei von einander getrennte Zellenreihen, welche vom oberen geschlossenen Ende des Centralkanals ausgehend, längs der Seitenwand des Embryo zu beiden Seiten nach abwärts ziehen. Die zweite dieser Zellenreihen erscheint nun, in einer Entfernung von etwa 0·1 Millim. vom Centralorgan in einer Ausdehnung von ungefähr 0·2 Millim. verdickt, und von der äussern Zellenlage, in einer ganz seichten Krümmung, als ganz seichter Hügel, mit nach innen gekehrter Convexität abgehoben. Der Durchschnitt lässt es zweifellos erkennen, dass dieser abgehobene

Hügel mit der äussern Zellenschicht nichts gemein habe, sondern dass er ganz bestimmt lediglich als ein Theil der innern Zellenschicht zu betrachten ist. Aus der Hügelform und aus dem Verhältnisse der beiden äussern Zellenschichten zu den Gebilden des mittleren Keimblattes — respective zu den Schienen Stricker's [1]), ergiebt sich schon, dass jener Hügel in diesen letzteren eingebettet ist.

An weiteren Schnitten aus älteren Embryonen (Fig. 2) ergiebt sich, dass die nach innen gerichtete Convexität eine grössere wird, und dem entsprechend auch der durch die Abhebung beider Zellenreihen entstandene Raum sich vergrössert. Bald darauf erscheint die innere Zellenreihe sackartig von der äussern abgehoben, so als wenn von zwei übereinander gelagerten Blättern das untere an einer umschriebenen Stelle eingestülpt wäre. Dieser Sack ragt nun tief in die Gebilde des mittleren Keimblattes, respective in die Schienen hinein, und giebt sich unzweifelhaft als die Anlage des Gehörbläschens zu erkennen.

Würde man nun die äussere Zellenlage entfernen, dann läge ein Gehörgrübchen frei zu Tage. Jetzt erst beginnt die eigentliche Abschnürung. Das Halbsäckchen wird nach oben zu enger, und zwar zeigt es sich, dass der vom Gehirn abgewendete Randtheil unverändert bleibt, während der dem Gehirn zugewendete über die Grube hinüberwächst, also dieselbe von innen nach aussen überwuchert, wie dies durch (Fig. 3) erläutert wird.

Die angeführten Präparate erlauben mir nun in Kürze zu sagen: „dass das Labyrinthbläschen bei Batrachiern weder durch Einstülpung von aussen, noch durch Ausstülpungen vom Centralorgane entstanden ist, sondern dass die Höhlung desselben durch ein Auseinanderweichen zweier ursprünglich eng aneinander gelagerten Zellenschichten zu Stande kommt; dass es ferner von der äussersten Zellenschicht nicht ausgekleidet wird, sondern in seiner ganzen Circumferenz aus der tieferen Schichte, der sogenannten weissen Zellenschicht des äussern Keimblattes, gebildet wird, indem diese der äussern Zellenschicht entlang fortwuchert, und so auch die äussere Wand des Bläschens bildet."

[1]) Archiv für Physiologie. 1. Heft, 1864.

Erklärung der Abbildungen.

Alle drei Figuren sind nach Präparaten gezeichnet, welche ich als Bruchstücke von Querschnitten bleibend aufbewahren konnte.

c Centralorgan.
ch *Chorda dorsalis.*
g Anlage des Gehörbläschens.

XLI.

Studien über Blutkreislauf und Ernährung.

Von

Dr. **S. Samuel**
in Königsberg i/Pr.

I.

Die Enthaarung des Kaninchenohres.

Streicht man eine dünne Schicht von Calciumsulphhydrat auf die äussere Fläche des Kaninchenohres und lässt den Brei wenige Minuten trocknen, so kann man dann mit einem Spatel Brei und Haar völlig entfernen. Die zurückgebliebenen grünen Flecke können mit verdünnter Essigsäure abgewaschen werden, die obersten Epidermisschichten pflegen nach einigen Tagen sich von selbst abzuschuppen. Die Enthaarung gelingt vollständig, wenn man das Mittel je nach der Dichtigkeit des Haarwuchses in dünnerer oder stärkerer Schicht aufträgt und die aufgetragene Substanz gehörig verreibt. Das Haar wächst langsam wieder. Das Calciumsulphhydrat ätzt nicht, wenn es mit diesen Cautelen angewendet und der Enthaarungsprozess rascher in der Mitte und am inneren Rande, als am buschigen Vorderrande unterbrochen wird. Aber etwaige Aetzungen selbst bleiben ganz oberflächlich und ihre letzten Spuren schwinden nach wenigen Tagen.

Dies Mittel ist ursprünglich von Böttger empfohlen zum Enthaaren der Felle vor dem Gerben; zur Entfernung des Bartes soll es unbrauchbar sein, weil es auf die zarte Haut oberhalb des Mundes aufgetragen, ätzend wirkt; für diesen physiologischen Zweck erfüllt es von den von mir versuchten Depilationsmitteln alle Ansprüche jedenfalls am besten. Bereitet wird das Calciumsulphhydrat, indem man Kalk durch Uebergiessen mit Wasser zu einem Kalkbrei löscht, denselben zur Konsistenz eines dicken Rahmes verdünnt, und in diesen unter fleissigem Umrühren Schwefelwasserstoffgas so lange leitet, bis die Masse eine blaugraue Farbe angenommen hat. Hiezu bemerke ich, dass es aufbewahrt an Consistenz und auch an Aetzkraft zunimmt, dass es aber nur einer entsprechenden Verdünnung mit gewöhnlichem Wasser bedarf, um solche Wirkung zu verhüten.

Das so enthaarte Ohr wird mit seinen Gefässverästlungen völlig durchsichtig. Arterie und Venen werden bis in ihre feinsten Zweige dem unbewaffneten Auge, der Loupe zugänglich, jede Veränderung des Parenchyms wird auf das Deutlichste bemerkbar. Ueberraschend ist der Anblick eines Ohres nach Durchschneidung der Gefässnerven, da dasselbe die schönste natürliche Injection bis in die kleinsten Zweige beobachten lässt.

Durch diese so einfache und sichere Methode haben wir ein Versuchsfeld gewonnen, welches die mannichfachste Ausbeute, und für viele Fragen, besonders der experimentellen Pathologie, gradezu entscheidende Resultate verspricht.

II.

Die arterielle Bahn im Kaninchenohr.

Am enthaarten Ohr wird die Endverzweigung der *Art. auricularis* mit ihren kleinsten Aesten vollständig übersehbar, besonders schön nach Lähmung der Gefässnerven. Verfolgt man bei einem solchen Thiere zunächst den am hinteren flachen Rande herabsteigenden Haupt- und Endast der Arterie, so findet man bald, dass derselbe bei allen Thieren eine unmittelbare Verbindung mit dem im oberen Drittel entspringenden Arterienzweige eingeht d. h. dass er in diesen direct

übergeht. Stamm und Endast bilden somit zusammen einen Kreisbogen — an jedem Thiere leicht erkennbar, an dem nicht die mittlere Vene die Einmündungsstelle verdeckt — und von diesem Kreisbogen entspringen zur Seite die Nebenzweige. Dieses hier sehr klare Verhältniss kehrt an andern, ja wahrscheinlich an allen Zweigen wieder, ganz deutlich an der Spitze des Ohres, mit der Loupe zu verfolgen an vielen andern Aesten. Der Stamm der Arterie bildet somit den Mittelpunkt engerer und weiterer Kreise, die mittelbar oder unmittelbar wieder in den Stamm übergehen. Das ganze arterielle Netz ist eine grosse, in sich geschlossene Kreisbahn, der anatomisch das Capillarnetz nur als Nebenschliessung anzuhängen scheint. Diese nicht baumförmige, sondern bogenförmige Verästlung der Ohrarterie wird sehr leicht eine Doppelströmung aus verschiedenen Richtungen in dasselbe Gefässgebiet herbeiführen; eignet sich die Capacität des von demselben abhängigen Gefässnetzes nicht zur Aufnahme eines solchen Doppelstromes, so wird Weiterströmung, ja bei geringerem Druck im Stamme, selbst Rückstrom möglich sein. Bei Gefässmuskellähmung muss Hyperämie, bei partieller Umwegsamkeit der Arterienbahn Collateralkreislauf mit grösster Schnelligkeit eintreten, der Blutdruck in den kleinen Gefässen wird äusserst variabel sein.

Mit dem Auge oder mit der Loupe ist eine directe Verbindung der Arterienzweige mit Venen nicht zu constatiren. Wie täuschend auch manche Stellen eine solche vorzuspiegeln scheinen, immer lassen sich bei genauerer Untersuchung noch andre Fortsetzungen der Gefässe verfolgen.

Auf mechanische Reizung z. B. mit einem Stecknadelkopf ist das Verhalten der Arterien und Venen ein entgegengesetztes; bei der Arterie tritt nach einer nicht regelmässigen, jedenfalls nur secundenlangen Erweiterung, eine Minuten dauernde locale Verengung ein, die auch der rhythmischen Dilatation nicht zu weichen pflegt, bei der Vene meist nach kurzer Contraction, eine sehr lang dauernde Erweiterung des ganzen Gefässes, nicht bloss der geriebenen Stelle.

III.

Die mikroskopische Untersuchung des Kaninchenohres.

(Vorläufige Mittheilung).

Bei jungen Albinos kann nach der Enthaarung das Ohr so weit durchsichtig werden, dass eine mikroskopische Untersuchung einzelner Stellen möglich ist; über Methode und Resultate, unter Vergleich mit andern durchsichtigen Stellen zumal der Fledermausflügeln, behalte ich mir Mittheilung vor.

IV.

Der *Nervus facialis* als Antagonist des Sympathicus.

Wird der *facialis* bei seinem Austritt aus dem *foramen stylo-mastoideum* mit der Pinzette gefasst, und möglichst tief ausgeschnitten oder ausgerissen, so wird der Einfluss der beiden Ohrzweige, des stärkeren *r. auric. ant.* und des schwächeren *r. post.* auf das Ohr und seine Gefässe aufgehoben. Nachdem in den nächsten Tagen nach der Operation Unregelmässigkeiten in den seit Schiff bekannten rhythmischen Contractionen und Dilatationen eingetreten, bleibt etwa vom 3.—4. Tage ab die Arterie in Systole unbeweglich stehen, die regelmässigen Erweiterungen des Gefässnetzes hören völlig auf, das Ohr wird anämisch und kalt. Dieser Effect bildet sich in den nächsten Wochen immer stärker aus und die im enthaarten Ohre so sichtbare dauernde Anämie wird nur zeitweise unterbrochen, wenn das Thier in eine höhere Temperatur plötzlich gebracht, oder das Ohr stark gerieben wird; in beiden Fällen treten wiederum Dilatationen der Arterie auf, in letzterem nur von kurzer Dauer, und nachdem die Folgen dieses Zwischenfalles überwunden, bleibt die Arterie wiederum unbeweglich, bei stundenlanger Beobachtung fast ohne Aenderung stehen. Die längere Vergleichung der operirten mit gesunden Thieren giebt immer den klaren Beweis, wie der Wechsel der Blutfülle hier, der constanten

Blutarmuth dort Platz gemacht hat. Das Merkwürdigste an dem Erfolge dieser Operation ist aber, dass derselbe sich nicht nur auf die operirte Seite erstreckt, sondern dass derselbe Effect nur in etwas geringerem Grade auch auf dem andern gesunden Ohre eintritt. Während die operirte Seite alle Merkmale der Atrophie durch Facialislähmung zeigt, bleibt die Ohrarterie auch der gesunden Seite im Contractionszustand, und Wochen ja Monate hindurch das ganze Gefässnetz in Anämie; nur dass dieselbe geringer, und dass die Effecte der Reibung und der Temperaturerhöhung hier stärker und länger andauern als auf dem operirten Ohre [1]).

Wird der *N. facialis* beiderseits gelähmt, so wird die Art. beiderseits eng, mitunter bis zur völligen Unsichtbarkeit, und ist der Effect der beiderseitigen gleichzeitigen Facialisparalyse für jedes Ohr bedeutend grösser, als der der einseitigen Operation für dieselbe Seite. Neben der Lähmung beider Faciales bietet die Durchschneidung des Facialis und *auriculo-temporalis* derselben Seite den grössten Effect für beide Ohren dar.

Wird der Facialis an der Wange aufgesucht und bis zu seinem Ursprung verfolgt, so ist eine Verletzung der Ohrarterie schwer denkbar; die Häufigkeit der Dilatationen der nächsten Tage, gegenüber der Anämie der späteren Zeit, das Auftreten von Hyperämien bei Temperaturveränderungen, die lange Dauer der Anämie überhaupt, der Mangel bedeutender Ernährungsstörungen, die Theilnahme des andern Ohres, all diese Umstände sind ebensoviel Gegengründe wider den Verdacht, der geschilderte Effect der Facialislähmung könne einer Verletzung der Arterie seinen Ursprung verdanken. Entzündung und Eiterung an der Basis des Ohres haben ebenso, wie die Ohrentzündung der andern Seite nach meinen Erfahrungen eher Hyperämie, als

[1]) Dieser merkwürdige Effect ist mit mir vielfach von Goltz beobachtet worden, dem ich auch an dieser Stelle noch meinen Dank für seine Bereitwilligkeit ausspreche, die Resultate dieser Operation auf das Genaueste zu verfolgen. Die Herren v. Wittich, v. Recklinghausen, Wagner, Möller und viele Andere haben ebenfalls mehrere jener Thiere besichtigt, an welchen ich die Anämie der Ohrgefässe nach Facialislähmung nachzuweisen vermochte.

Anämie des Ohres zu Folge. Doch wenn auch die Wunden längst verheilt sind, die Anämie dauert fort, zumal bei der Combination der Lähmung beider Faciales oder des Facialis und *auriculo-temporalis*. Am leichtesten reparirt sich der Zustand der Gefässe nach einseitiger Facialislähmung, besonders bei jungen Thieren.

Der Effect ist nur sicher, wenn der Facialis tief an seiner Wurzel getrennt wird; trotz gleicher Nebenumstände bleibt das geschilderte Resultat aus, bei Durchschneidung des Facialis nach Abgabe seiner *rami auriculares*. Zur Constatirung dieses Einflusses eignet sich die Durchschneidung beider Faciales am besten; auf dieser Grundlage werden sich die weiteren Details leichter prüfen lassen.

Da bekanntlich nach Lähmung der Gefässnerven der entgegengesetzte Effect, nämlich Stillstand der Gefässe in Diastole eintritt, so kann der Facialis wohl im Allgemeinen als Antagonist des Sympathicus bezeichnet werden; über die Mechanik seiner Wirkung muss aber das Urtheil weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

V.

Ueber den *Nervus auriculo-temporalis*.

(Vorläufige Mittheilung).

Auch nach seiner Trennung stellt sich eine Anämie im Ohre ein, unterschieden von der vorigen durch den meist viel späteren Eintritt — in der Regel erst nach vielen Wochen — durch die leichte Wiederkehr der Dilatationen, und kurze Dauer. Näheres über die Effecte der Lähmung dieses Nerven wird folgen.

VI.

Die Entzündungshyperämie und die Hyperämie nach Lähmung der Gefässnerven.

Nach der Enthaarung des Kaninchenohres lässt sich der Effect der Lähmung der Gefässnerven auf das Genauste übersehen. Alle sichtbaren Gefässe erweitert, mit ihren Contouren deutlich sich hervor-

hebend aus dem blassen Parenchym, ohne Schwellung, ohne trophische Alteration. Um so wichtiger ist es, gerade an dieser Stelle die Gefässerscheinungen bei der Entzündung kennen zu lernen, und sie mit jenem bekannten Bilde zu vergleichen. Wird ein Tropfen Crotonöl auf das obere Drittel der äusseren Fläche des Ohres aufgetragen und daselbst verrieben, so sieht man nach 18—24 Stunden jenen Symptomencomplex ausgebildet, den wir mit dem Ausdruck „acute Entzündung" bezeichnen. starke Schwellung, blutrothe Färbung, bedeutende Temperaturerhöhung des ganzen Ohres. Mit Uebergehung der übrigen Entzündungserscheinungen beschäftigen wir uns zunächst mit der Hyperämie. Die ganze entzündete Fläche giebt eine gleichmässig blutrothe Färbung, in welcher die grossen Gefässe untergegangen zu sein scheinen, da sie mit ihren Contouren nicht mehr erkennbar sind. Der scheinbar blutleere Raum zwischen den bluterfüllten Gefässen, der bei der Hyperämie nach Nervenlähmung so sichtbar geblieben war, ist nun selbst stark bluterfüllt, das Parenchym selbst d. h. die Capillaren des Parenchym's sind hier der wesentlich ergriffene Theil. Die Gefässerscheinungen bei der acuten Entzündung charakterisiren sich als eine diffuse Capillarhyperämie, diejenigen nach der Lähmung der Gefässnerven als eine Dilatationshyperämie der grossen Gefässe. Wem dies Bild zu complicirt erscheint, um die Einzelheiten mit Sicherheit zu beurtheilen, kann bei einem andern Versuche das Verhalten der kleinen Gefässe und der grossen gesondert beurtheilen. Wird die Innenfläche der Ohrmuschel statt der Aussenfläche in derselben Weise durch Verreibung eines Tropfen Crotonöl in Entzündung versetzt, so nehmen die grossen Gefässe an dieser nur in geringem Grade Theil und hinter der unveränderten Gefässschicht erscheint dann die gleichmässige Scharlachröthe der entzündeten Innenfläche. Oder ein noch einfacherer Versuch. Durchsticht man das Ohr mit einer starken Stecknadel, an einer Stelle, an dem sich kein grösseres Gefäss befindet, so bleibt die Oeffnung mehrere Tage sichtbar und schliesst sich dann ohne Entzündungserscheinungen. War aber die Nadel mit Crotonöl bestrichen, so bildet sich an dieser Stelle eine Pustel, deren erster Beginn die diffuse zu der Oeffnung convergirende Capillarhyperämie

erkennen lässt, in welcher es nicht möglich ist, einzelne Gefässe zu unterscheiden. Der weitere Verlauf bei allen diesen Entzündungen, die rasche Rückbildung der Hyperämie an den nur sympathisch ergriffenen Stellen ohne jene bekannten Veränderungen der Blutextravasate, beweist, dass den Extravasationen von der Summe der ganzen Erscheinung nur ein sehr geringer Theil zukommt.

Charakterisirt sich die Entzündung gegenüber der Lähmung der Gefässnerven durch die diffuse Hyperämie der Capillaren, so ist die bei der Entzündung vorhandene Erweiterung der grossen Gefässe selbst schwer auf eine Lähmung des Halssympathicus zurückzuführen. Gewissheit hierüber ist aus dem regelmässigen Verlaufe der Entzündung mit der gewöhnlich bedeutenden Theilnahme der Gefässe, über die ursprünglich afficirte Stelle hinaus, nicht zu erlangen. Wird aber der Prozess von Anfang an durch den Einfluss der Kälte auf die gereizte Stelle beschränkt, bleiben somit die übrigen Gefässe ganz unbetheiligt, dann zeigt es sich bei der Entzündung des oberen Drittels der äusseren Ohrfläche, dass die *Arteria auricularis* ihr normales Kaliber von der Wurzel des Ohres an bis zum Entzündungsheerde beibehalten hat, dass sie genau erst mit dem Eintritt in den Entzündungsheerd und von da ab aufwärts die bedeutendste Dilatation zeigt. Eine so localisirte Erweiterung kann nicht durch eine Reflexlähmung des Halssympathicus herbeigeführt sein, diese ist weder die primäre noch eine nothwendige secundäre Entzündungserscheinung.

Treten die sympathischen Erscheinungen ungehemmt auf, so zeigt sich in der Regel in den ersten 48 Stunden die Arterie von ihrer Wurzel an bedeutend erweitert, später wird sie kleiner und kleiner, so dass die dick strotzenden Venen ihr Kaliber bedeutend übertreffen. Dieselben bleiben noch sehr lange erweitert, während die Arterie schon ihre rhythmischen Zusammenziehungen wieder aufgenommen hat. Auf der Höhe der Entzündung erscheint die Arterie stärker dilatirt als nach Lähmung der Gefässnerven.

Der Einfluss der Kälte (Lufttemperatur von −5° R.) auf das entzündete Ohr ist ein eminenter. Die sympathischen Gefässerscheinungen

werden ganz unbedeutend, die Ausbreitung der Entzündung gehemmt, der Wärmeverlust erheblich reducirt und selbst der Umfang der Exsudation an der gereizten Stelle verringert. War aber Aufbruch erfolgt und die Eiterung chronisch geworden, so ist eine weitere Wirkung der Kälte nicht mehr zu erkennen.

Der fördernde Einfluss der Behaarung für die Wirksamkeit des Crotonöls, die Entzündungstemperatur, die Verschiedenheit der Erscheinungen an der Aussen- und Innenfläche und vieles Andere, hier nur angedeutete, erfordert besondere Betrachtung in anderem Zusammenhange.

VII.

Gefässvertrocknung und Mumification im Kaninchenohr.

Wird die äussere Haut (Epidermis und Corium) abgezogen und so die Gefässschicht entblösst, so stellt sich in weniger als 24 Stunden eine Vertrocknung der blossgelegten Gefässe ein. Weiterhin erfolgt weder ein Collateralkreislauf aus der Nachbarschaft, noch irgend eine Entzündungserscheinung aus der Tiefe. Die Gefässe bleiben für immer blutleer, Circulation tritt nicht wieder in ihnen ein, die unterliegende Knorpelschicht mortificirt und wird nach längerer Zeit abgestossen. Dass diese Erscheinung der raschen Vertrocknung der Gefässe an der Luft zuzuschreiben, geht daraus hervor, dass bei starker Kälte diese Austrocknung nicht eintritt, dass vielmehr die freigelegte Stelle sich dann immer von Neuem mit (faserstoffigem?) Exsudat bedeckt. Nicht nur in allen kleinen Gefässen stockt und vertrocknet das Blut, sondern die grosse Mittelvene selbst wird unter den gedachten Verhältnissen für die Circulation durch Eintrocknung des Blutes unwegsam gemacht.

VIII.

Die entzündliche Reizbarkeit der Cornea.

Allgemein ist es nun anerkannt, dass die neuroparalytische Entzündung des Auges nach Trigeminuslähmung nicht ohne äusseren

Anlass zu Stande kommt, dass sie bei Abhaltung aller Reize ausbleibt. Aber mit dieser Erkenntniss ist nur eine weitere Bestätigung des Gesetzes gewonnen, dass eine Entzündung nie eintritt ohne Irritation; es hiesse Anlass und Ursache jedoch mit einander verwechseln, wenn man deshalb die neuroparalytische Entzündung ausschliesslich und allein für eine nothwendige und unmittelbare Folge der vorhandenen Irritation hielte und den Einfluss der Nervenlähmung dabei ganz übersähe. Beweisen doch schon die Fälle von Trigeminuslähmung ohne Ernährungsstörungen, dass Unempfindlichkeit und daraus hervorgehende Selbstverletzungen des Auges nicht immer und nicht nothwendig Entzündungen, zumal solche mit raschem Zerfall der Gewebe zu Folge haben, die eine Eigenheit dieser, wie auch andrer neuroparalytischen Entzündungen sind. Es dürfte aber immerhin nicht überflüssig sein, die Reizbarkeit der Cornea bei Kaninchen überhaupt festzustellen, und den Grad der Neigung ihrer Hornhaut zu Zerfall und Perforation zu prüfen.

Schon beim Menschen ist glücklicherweise, trotz der Häufigkeit der Keratitis auf mechanische und chemische Reize, Malacie und Perforation im Verhältniss selten, aber wie das Experiment beweist, ist dies bei sonst gesunden Kaninchen nicht anders.

Bringt man zwei Tropfen Crotonöl nach einander in ein Kaninchenauge und schliesst dasselbe einige Zeit, so tritt intensive Entzündung der Conjunctiva, der Augenlider, auch der Cornea ein, aber trotz der grössten Heftigkeit sah ich keine Perforation der Hornhaut, und der Prozess endete nach etwa 14 Tagen mit einem grossen Leucom. Nach Facialislähmung besonders bei älteren Thieren gewährt nur noch die *membrana nictitans* der kleineren Hälfte des Auges Schutz, Reize wenn auch empfunden, können dennoch nur zu geringem Theile entfernt werden, Tag und Nacht bleibt das Auge Monate hindurch offen, und ausser der permanenten Conjunctivitis nichts, als ein schwaches Leucom. Doch es — können Thiere mit Facialislähmung durch glücklichen Zufall Monate lang vor jedem stärkeren Irritament verschont bleiben, und alle Thiere mit Trigeminuslähmung können das Unglück haben, schon in den ersten 24 Stunden sich die schlimmsten Verletzungen zuzuziehen. Diesem

merkwürdigen Zufall lässt sich durch Versuche abhelfen. Wird ein Thier mit einem in Folge der Lähmung der Augenlidmuskeln offenstehenden Auge, in eine Staubathmosphäre gebracht, z. B. in einen staubigen Sack gesteckt und dieser stark geklopft, so bekommt es eine grosse Zahl von Staubmolekülen in sein Auge, man findet sie am nächsten Tage und oft noch viel längere Zeit auf Conjunctiva und Cornea, ohne dass aber neben der Conjunctivitis eine bedeutende Hornhautentzündung auftritt, so dass eine Cornea-Perforation ganz ausser Frage bleibt. Die fremden Körper, die nach Facialis- wie nach Trigeminuslähmung in der Regel das Auge treffen, sind eben an und für sich nicht geeignet, solch intensive Entzündungen mit ausgesprochener Neigung zur Necrose hervorzurufen. Ohne Reizung keine Entzündung, gewiss; aber nur bei verminderter Widerstandsfähigkeit der Theile ist ihre Reizbarkeit so gesteigert, die Neigung zur Necrose so gross, und diese Verminderung der Widerstandsfähigkeit ist das Resultat der Lähmung bestimmter Nerven.

IX.

Die Folgen der Wiederholung derselben Irritation.

Die Intensität der Entzündungserscheinungen in Hyperämie, Exsudation, Blasenbildung, Abstossung der Epidermis und der Haare, auf Einreibung eines oder einiger Tropfen Crotonöl ist oben geschildert. Applicirt man, nachdem die Entzündungserscheinungen abgelaufen, neue Epidermis sich gebildet, die Regeneration der Haare schon begonnen, von Neuem einen oder zwei Tropfen desselben Mittels auf die ehemals entzündete Fläche, so sieht man meist schon das zweite, wo nicht, das dritte Mal die Entzündungserscheinungen völlig ausbleiben; nur Dilatationen der grossen Gefässe und mit ihnen eine Temperaturerhöhung des Ohres tritt in den nächsten Tagen ein, jeder Vergleich mit Reizung eines frischen Ohres zeigt aber das Ausbleiben der entzündlichen Reaction in dem einst entzündeten Theile auf das Deutlichste. Ist die Permeabilität der Haut nach der Entzündung eine andre geworden? Sie ist kein Narbengewebe, denn die Haare wachsen wieder, aber auch wo die alte

Haut aus irgend einem Grunde geblieben, ist der Nichterfolg in gleicher Weise zu konstatiren. Die Dilatationen der grossen Gefässe lassen aber überhaupt auf Resorption schliessen und ist die Oberhaut gänzlich entfernt und das Crotonöl auf die blosse Gefässschicht applicirt, so schienen wohl dünne Stuhlgänge einzutreten, aber eine Eiterpustel bildete sich an dieser Stelle nicht aus, sondern die locale Entzündung blieb höchst unbedeutend. Versuch und Gegenversuch an den beiden Ohren desselben Thieres zu machen, ist nicht gerathen, da die Entzündung des einen Ohres auf die Gefässe des andern von Einfluss zu sein scheint. Zu welcher Zeit die Empfänglichkeit gegen Reize wieder eintritt, lässt sich mit Bestimmtheit noch nicht angeben, ich sah Thiere, bei denen nach 8 Wochen noch keine Reaction zu erzielen war. Aetzmittel wirken nach wie vor. Ueber das Verhalten solcher Ohren anderen Reizen gegenüber werden Untersuchungen folgen.

X.

Die Regeneration nach Neuroparalyse.

(Vorläufige Mittheilung).

Um den Einfluss der Nerven auf die Regeneration der Gewebe zur Entscheidung zu bringen, habe ich eine grössere Versuchsreihe an Tauben schon längere Zeit hindurch fortgesetzt. Von allen Geweben eignen sich die Epidermoidalgebilde, von diesen die Federn wegen ihrer Grösse und Schönheit, Gleichmässigkeit des Wachsthums beiderseits und ausserordentlicher Leichtigkeit der Regeneration, am besten, wie ich glaube, zu solchen Versuchen. Das von mir nun schon in 12 Fällen angewandte Operationsverfahren — Loslösung des Schulterblattes von der Wirbelsäule und somit Freilegung des *plexus axillaris* vom Rücken her, gestattet die Neuroparalyse so vollständig, unblutig und rasch zu vollziehen, wie kaum an einer andern Stelle. Die Mittheilung der Resultate wird mit vollständigem Abschluss dieser Versuche erfolgen, deren Priorität mir zu wahren, diese Zeilen bestimmt sind.

Diese Studien über Kreislauf und Ernährung erstreben — wie wohl Jedem ersichtlich — dasselbe Ziel, wie alle meine früheren Arbeiten, nur nach einem andern und weitern Plane. Zunächst werde ich diesen Weg weiter verfolgen, weil ich auf ihm die Herstellung einer zusammenhängenden Reihe von Thatsachen ohne Lücken und Hypothesen am Ersten erhoffen darf. Dann komme ich auf meine Reizversuche wieder zurück.

Fig. 1.

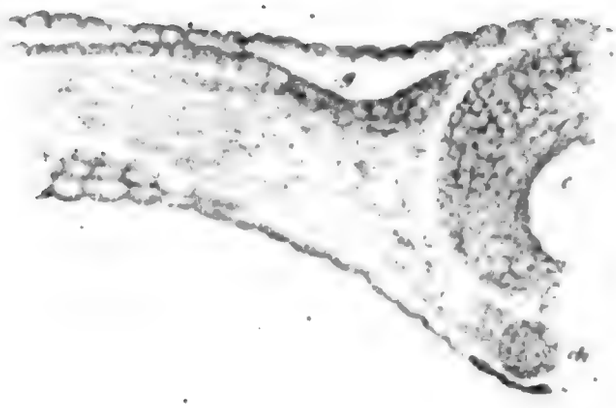
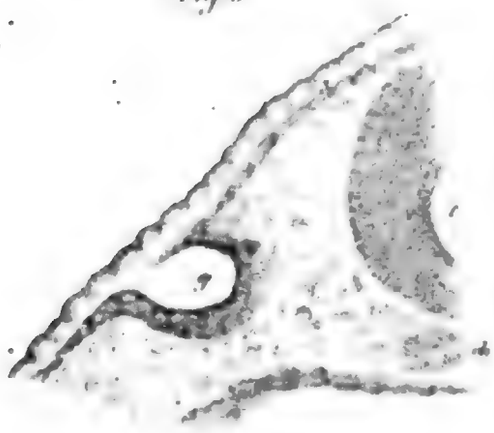


Fig. 2

Fig. 3



In der Ferber'schen Universitäts-Buchhandlung (Emil Roth) in Giessen ist erschienen:

DIE GRENZEN DES MENSCHEN.

Vortrag

bei der Wiedereröffnung der Vorlesungen über Physiologie an der Turiner Hochschule am 24. November 1862 gehalten

von

Jac. Moleschott.

8. geh. 10 Sgr.

Die Wirkungen

der

Kreuznacher Soolquellen

vom Standpunkte der neueren Physiologie und Pathologie dargestellt

von

Dr. **W. Genzmer.**

8. geh. 22½ Sgr.

Bei H. Georg in Basel ist erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

Ueber die Behandlung

der

Lungenschwindsucht

durch

die Brusterweiterung

und

den Gebrauch der Scrophularia nodosa.

Von

Dr. **J. Seiler,**

pract. Arzt in Genf.

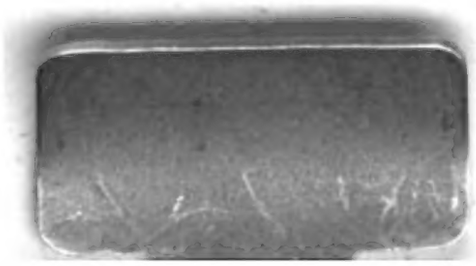
Ein Octavband mit Holzschnitten. Preis Rthlr. 1. 10 Sgr., fl. 2. 20 kr., Frc. 5.

Inhalt: 1) Ursachen der Schwindsucht. 2) Natur und Verlauf derselben. 3) Krankheitserscheinungen. 4) Nothwendigkeit der Brusterweiterung. 5) Beschreibung der Apparate. 6) Erscheinungen des Muskeltonus. 7) Anweisung zur Krankenbehandlung im Allgemeinen. 8) Die Brusterweiterung und ihre Wirkungen. 9) Die Scrophularia als Arznei: a. innerlich gebraucht, b. als Inhalation angewendet.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google